

Journal of Food and Health Science



Journal of Food and Health Science

E- ISSN 2149-0473

Journal abbreviation: **J Food Health Sci**

© 2015-2016 ScientificWebJournals (SWJ)

All rights reserved/Bütün hakları saklıdır.

is published in one volume of four issues per year by

www.ScientificWebJournals.com

Contact e-mail: jfhs@scientificwebjournals.com and ozkanozden@scientificwebjournals.com

Aims and Scope

“**Journal of Food and Health Science**” publishes peer-reviewed articles covering all aspects of **Food** and **Health science** in the form of review articles, original articles, and short communications. Peer-reviewed open access journal publishes articles in **English** or **Turkish** language.

General topics for publication include, but are not limited to the following fields:

- Food Science/Technology
- Food Chemistry/Microbiology
- Food Packaging/Packaging Materials/Migration
- Food Safety/Hygiene/Quality Assurance/Control
- Hazard/Risk Detection/Analysis/Management/Manufacturing Practices
- Genetically Modified Food
- Functional Foods/Dietary Supplements/
- Nutrition and Child Development/ Nutrition in Pregnancy/ Nutrition and Age/ Nutrition and Cancer/Nutrition and Chronic Diseases /
- Food Allergen/Chemical Contaminants
- Population and Demographic transitions in Nutrition/Social Determinants of Nutrition
- Nutrient Data/Bioavailability/Trace Elements/
- Human Nutrition and Health Sciences/Epidemiology/Micronutrients
- Energy/Metabolism/Physical Activity/Exercise/Sport Nutrition
- Public Health/Diet Selection/Obesity/Food Poisoning and Outbreaks/ Therapies/
- Public Health Governance/Food Security/Nutrition Policies
- Clinical Nutrition

Chief Editor:

Prof. Dr. Nuray ERKAN

Istanbul University, Faculty of Fisheries, Turkey

Co Editor in Chief:

Prof. Dr. Özkan ÖZDEN,

Istanbul University, Faculty of Fisheries, Turkey

Cover Photo:

Assoc. Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ

University of Necmettin Erbakan, Faculty of Health Sciences, Turkey

Editorial Board:

Prof. Dr. Haluk ANIL

University of Bristol, Faculty of Medical and Veterinary Sciences, England

Prof. Dr. Ali AYDIN

University of Istanbul, Faculty of Veterinary Medicine,
Food Hygiene and Technology Department, Turkey

Prof. Dr. Bhesh BHANDARI

University of Queensland, Faculty of Science, Australia

Prof. Dr. Cem ÇETİN

Süleyman Demirel University, Faculty of Medicine, Turkey

Prof. Dr. Gürhan ÇİFTÇİOĞLU

University of Istanbul, Faculty of Veterinary Medicine,
Food Hygiene and Technology Department, Turkey

Prof. Dr. Frerk FELDHUSEN

Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Rostock, Germany

Prof. Dr. Carsten HARMS

Applied Univ. Bremerhaven, Bremerhavener Institute of Biological Information Systems, Germany

Prof. Dr. Fahrettin GÖĞÜŞ

University of Gaziantep, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Turkey

Prof. Dr. Gürbüz GÜNEŞ

Istanbul Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Department of Food Engineering, Turkey

Prof. Dr. Esra İBANOĞLU

University of Gaziantep, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Turkey

Prof. Dr. Herbert W. OCKERMAN

Ohio State University, Department of Animal and Food Sciences, USA

Prof. Dr. Ayşe Emel ÖNAL,
University of Istanbul, Istanbul Faculty of Medicine, Department of Public Health, Turkey

Prof. Dr. Peter RASPOR
University of Primorska, Faculty of Health Sciences, Institute for Food, Nutrition and Health, Slovenia

Prof. Dr. Hamzah Mohd. SALLEH
International Islamic University Malaysia, Department of Biotechnology Engineering
Faculty of Engineering / International Institute for Halal Research & Training (INHART), Malaysia

Prof. Dr. Zdzislaw E. SIKORSKI
Gdańsk University of Technology, Faculty of Chemistry, Department of Food Chemistry,
Technology, and Biotechnology, Poland

Prof. Dr. Krzysztof SURÓWKA
University of Agriculture, Faculty of Food Technology, Poland

Prof. Dr. Muhittin TAYFUR
University of Başkent, Faculty of Health Sciences, Turkey

Prof. Dr. Aydın YAPAR
University of Pamukkale, Engineering Faculty, Food Engineering Department, Turkey

Prof. Dr. Hasan YETİM
University of Erciyes, Department of Food Engineering, Turkey

Assoc. Prof. Dr. İbrahim ÇAKIR
University of Abant İzzet Baysal, Faculty of Engineering and Architecture,
Department of Food Engineering, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Joko Nugroho Wahyu KARYADI
Gadjah Mada University, Faculty of Agricultural Technology, Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ
University of Necmettin Erbakan, Faculty of Health Sciences, Turkey

Dr. Alaa El-Din A. BEKHIT
University of Otago, Department of Food Science, New Zealand

Dr. Rene' E SCOTT
Texas Woman's University, Nutrition and Food Science, Visiting Professor, USA

Journal of Food and Health Science

E-ISSN 2149-0473

Journal abbreviation: J Food Health Sci

© 2015-2016 ScientificWebJournals (SWJ)

All rights reserved/Bütün hakları saklıdır.

Vol. 2 Issue 4 Page 147-198 (2016)

Contents/İçerik

THE EFFECT OF MICROWAVE, AUTOCLAVE AND HOT AIR OVEN STABILIZED WHEAT BRAN SUBSTITUTION ON NUTRITIONAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF FLAT BREADS

Nilgün Ertuş

pp. 147-158

DOI: 10.3153/JFHS16016

YENGEÇ, İSTAKOZ SURİMİ VE FÜME SOMON İLE HAZIRLANMIŞ MAKİZUŞİNİN 4 ±1°C'DE DUYUSAL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ

(The Sensory, Chemical and Microbiological Quality of Makizushi Produced with Crab Surimi, Lobster Surimi and Smoked Norway Salmon at 4 ±1°C)

Bengünur Çorapçı, Nilgün Güneri

pp. 159-170

DOI: 10.3153/JFHS16017

ET ve ET ÜRÜNLERİNDE PROTEİN OKSİDASYONU
(Protein Oxidation in Meat and Meat Products)

Aslı Zungur Bastioğlu, Meltem Serdaroğlu, Berker Nacak

pp. 171-183

DOI: 10.3153/JFHS16018

CHILLING RATE OF COOKED RICE AND RISK OF *Bacillus cereus*
***GROWTH* IN RESTAURANT OPERATION**

Nezih Müftügil

pp. 184-188

DOI: 10.3153/JFHS16019

QUALITY OF 'MANTI' (MEAT-FILLED PASTA PRODUCT) AS
AFFECTED BY MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING DURING
REFRIGERATED STORAGE

Aysun Yüceetepe, Gürbüz Güneş

pp. 189-198

DOI: 10.3153/JFHS16020

ORIGINAL ARTICLE/ORIJİNAL ÇALIŞMA

FULL PAPER

TAM MAKALE

THE EFFECT OF MICROWAVE, AUTOCLAVE AND HOT AIR OVEN STABILIZED WHEAT BRAN SUBSTITUTION ON NUTRITIONAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF FLAT BREADS

Nilgün ERTAŞ

Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering, Koycegiz Campus, Konya, Turkey

Received: 06.04.2016**Accepted:** 22.06.2016**Published online:** 11.07.2016**Corresponding author:**

Nilgün ERTAŞ, Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering, Koycegiz Campus, 42090, Konya, Turkey

E-mail: nertas@konya.edu.tr, dr.nilgunertas@gmail.com**Abstract:**

The influence of stabilized wheat bran enrichment on the nutritional and sensorial properties of leavened and unleavened flat bread was studied. Wheat bran was stabilized with three applications (hot air oven, microwave and autoclave). The stabilization methods affected the physical characteristics of bazlama (thickness, spread factor) and yufka (diameter, thickness, spread factor) samples. In bazlama samples, substitution of stabilized wheat bran (SWB) lead to significant decrease in L* and increase in a* and b* values compared to the control bazlama. While autoclave and microwave stabilization methods are the most effective methods to decrease the phytic acid content for bazlama samples, for yufka samples; autoclave stabilization is the best. The mineral content (Ca, K, Mg, Mn, P, Fe and Zn) of bazlama and yufka samples significantly ($p<0.05$) increased with SWB substitution. Thus, autoclave stabilization could be used for wheat bran stabilization to improve the nutritional quality of bazlama and yufka samples.

Keywords: Stabilization, Wheat bran, Autoclave, Microwave, Flat bread

JOURNAL OF FOOD AND HEALTH SCIENCE**E-ISSN: 2149-0473**

2(4): 147-158 (2016) doi: 10.3153/JFHS16016

© 2015-2016 ScientificWebJournals (SWJ)

Introduction

Flat bread, the most widely consumed bread type in the world, made with flour, water and salt. Bazlama and yufka are two types of flat bread; bazlama is different from yufka because it is leavened and thicker and also have smaller diameter and shorter shelf life. Qarooni (1996) classified flat breads into two groups as single layered and double layered (pita, baladi, etc.), also single layered flat breads is consisted of two class as leavened (lavas, pide, barbari etc.) and unleavened (yufka, parotta, etc.). There are a lot of flat bread type studied like chapati, roti and taftoon (Iranian flat bread), two layered or single layered flat bread, bazari, leavened and unleavened flat bread, sangak, tanok and lavosh. (Reinhold, 1971; Başman and Köksel, 1999; Hariri et al., 2000; Nandini and Salimath 2001; Azizi et al., 2003; Brathen and Knutsen 2005; Izydorczyk et al., 2008). There has been considerable attention to a bread fortification all over the world. Fiber rich fractions used for the fortification of breads and flat breads (Izydorczyk et al., 2008; Izydorczyk and Mcmillan, 2011; Noort et al., 2010; Phimolsiripol et al., 2012; Wang et al., 2002). Flat breads is more suitable for fortification with fiber than pan breads because of more modest flour quality requirements (Qarooni et al., 1992). Wheat germ and bran substitution in flour is important to make flat bread processes especially dough rheology and sheeting of flat bread. The flat bread quality improves with flour extraction rate up to an optimum level of 82%, and also particle size of wheat bran is important parameter, therefore finest bran particles gave superior softness and smoother crust of flat bread (Qarooni, 1996).

Wheat bran, a by-product of dry milling of wheat grains for the production of white flour, is an important source of vitamins, good quality proteins (albumins and globulins) minerals (Ca, Fe, Zn, etc.), antioxidants and dietary fibre (Dexter et al., 1994a; 1994b). During the storage, rancidification can reduce the nutritional value of food (Walde-mar, 1990; Thomas, 2005), and cause some quality changes, involving flavor, texture, and appearance (Eriksson, 1987). Due to the possibility of rapid rancidity there is a necessity for stabilization. For this purpose, microwave, autoclaving steaming, roasting, toasting, infrared heating, packaging and antioxidant treatment were applied (Allen and Hamilton, 1989; Frankel, 1995; Gardner, 1995; Srivastava et al., 2007). In our previous

study, effect of stabilization treatments (microwave, infra-red and ultraviolet) to wheat kernel on the storage stability and qualitative properties of whole wheat flours were investigated. For this purpose, thio-barbituric acid (TBA) test was performed to indicate the extent of oxidative rancidity of the samples. In inhibition of rancid development of whole wheat flour, microwave treatment was found the most effective method (Elgün et al. 2012). In our other previous study, microwave heating and autoclaving of fine branny fractions into remixed whole wheat flours gave satisfactory storage stability, flour and bread qualities for 90 days' storage time compared with the untreated whole wheat flour (Elgün et al., 2011).

In this study the effects of addition different stabilization process applied wheat bran on nutritional and sensorial quality of leavened (bazlama) and unleavened flat bread (yufka) is determined.

Materials and Methods

Materials

Wheat bran was obtained from Altınapa Milling Trade Inc, Turkey, and then three different stabilization applications were applied to it. For using in bazlama and yufka production, wheat flour (ash: 0.57%, protein: 13.5%, Farinograph parameters; water absorption: 60%, development time: 6 min., stability: 10 min., softening degree 60 B.U., L*: 94.91; a*: -0.68; b*: 8.52), whole wheat flour (ash: 1.47% protein: 15.25%, Farinograph parameters; water absorption: 65.1%, development time: 7.1 min., stability: 4.6 min., softening degree 71 B.U., L*: 86.22; a*: 0.61; b*: 10.12), powder sugar, salt, yeast, were purchased local market in Konya, Turkey.

Stabilization processes

Wheat bran was stabilized with three different applications after milling with hammer mill with 0.5 mm sieve (Perten, LM 3100, Perten Instruments AB, Huddinge, Sweden). First application is applied in the hot air oven (HAO) at 150°C for 20 min, and the second application is applied with domestic microwave oven (MW) at 800W for 3 min and third application (AC) is applied with autoclave bags in autoclave at 121°C for 90 min to wheat bran. Then, SWB samples were cooled down in the tray about 30 min to reach room temperature. The samples were placed into the polyethylene bags and kept in a cooler. Each stabilization processes were applied in duplicate. And

the mixture of these two batches was used for analysis.

Bazlama production

The bazlama and yufka were prepared according to the formulas in Table 1. Flat breads were prepared in triplicate and some modifications on dough were done according to the bazlama production method described by Akbaş (2000). Bazlama containing no bran and whole wheat flour were used as the control samples. In our *pre-trials*, wheat bran can be used at 15% level successfully for bazlama and yufka was determined. The ingredients of bazlama were mixed in a Hobart mixer (Hobart N50, Canada Instruments, and North York, Ontario, Canada) to obtain optimum dough development. Water absorption was determined using the Farinograph-E (Brabender GmbH and Co KG, Duisburg, Germany) equipped with a 300 g mixing bowl (AACCI 54-21, 2000). Water absorption of flat bread flour mix (with SWB) varied between 62.6 and 64.1% (HAO: 64.1%, MW: 63.2% and AUT: 62.6%). The highest water absorption was observed with flat bread flour mix fortified with hot air oven SWB. Fiber-rich fractions have ability to absorb considerable amounts of water (Kasprzak and Rzedzicki, 2010; Rosell et al., 2010).

Mixed dough was fermented at 30°C and 85% relative humidity in Nüve KD 200 for 1 hour. After 1-hour fermenting, the dough was divided by hand into 2 equal parts. Each part rested at room temperature for 6 min. After 6 min resting, dough was flattened in trays into sheets of 17cm diameter and 10 mm thickness. The samples were baked with the preheated electric sac (1500W) for 8 min (for one surface 4 min, 4 min for the other surface). The loaves were measured after the bazlama was cooled down to room temperature. Bazlama samples were placed in polyethylene bags and stored at room temperature until tested.

Yufka production

Yufka doughs were prepared with some modifications in the method given by Başman and Köksel (2001). Yufka containing no bran and whole wheat flour were used as the control yufka samples. All yufka ingredients were mixed in a Hobart mixer (Hobart N50, Canada Instruments, and North York, Ontario, Canada) to obtain optimum dough development. Yufka dough divided into four equal pieces, shaped like a ball and rested at 30°C for 30 min in order to gain enough water absorption for starch and proteins in dough after mixing, and then sheeted with the help of a hand rolling pin to 1 mm thickness. Sheeted dough pieces baked on preheated electric sac (Otm, San Ltd. Şti, Konya, Turkey) at 280±5°C for 1 min. After baking, yufka samples were cooled at room temperature, and then placed in polyethylene bags.

Physical attributes

120 min after the baking, physical properties (color, diameter, thickness, spread ratio) of bazlama and yufka samples were evaluated. The bazlama and yufka surface color was measured instrumentally using a Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) colorimeter. The results were expressed in terms of L* (lightness), a* (redness to greenness) and b* (yellowness to blueness), according to the CIELab system. Hue angle ($\tan^{-1} b^* a^{*-1}$) and Saturation index (SI) ($((a^{*2} + b^{*2})^{1/2})$) of the samples were calculated from a* and b* values.

To measure the thickness of bazlama and yufka samples, a digital micrometer (0.001 mm, Mitutoyo, Minoto-Ku, Tokyo, Japan) was used. Diameter values were measured with an ordinary ruler. An average of six readings was recorded as bazlama and yufka diameter and thickness. Spread factor was then calculated as *diameter* divided by thickness of the bazlama and yufka samples.

Table 1. Formulation of bazlama and yufka samples (%)

Ingredients	Bazlama	Yufka
Wheat flour	100	100
Salt	1.5	1.5
Vital gluten	1.4	1.4
SSL	0.5	0.5
Powder sugar	1	-
Yeast	2.5	-
Stabilized wheat bran	15	15
Water	Variable	Variable

Chemical and nutritional properties

The bazlama and yufka samples were analyzed for their moisture, crude ash and crude protein using standard methods (AACC, 1990). An inductive coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) (Vista series, Varian International AG, Zug, Switzerland) was used to determine the mineral (Ca, K, Mg, Mn, P, Na, Fe and Zn) contents of the bazlama and yufka samples (Bubert and Hagenah, 1987). Phytic acid and phytate phosphorus content of bazlama and yufka samples were determined by the method of Haugh and Lantzsch (1983). The sample was extracted by adding 10 mL 0.2 N Hydrochloric acid to 0.3 g sample and then shaking in shaker at room temperature for 3 hours. 0.5 mL of extracted sample was boiled with 1 mL ferric ammonium sulphate solution for half an hour, and then cooled. Phytate phosphorous in the supernatant was measured as the decrease in absorbance of iron content using 2 mL 2,2-bipyridine solution at 519 nm with a spectrophotometer (UV-Vis mini spectrophotometer 1240, Shimadzu, Kyoto, Japan).

Sensory properties

To determine sensory properties of bazlama and yufka samples, thirty-five panelists ranging in age from 25 to 40 with nonsmokers from Food Engineering Department at Necmettin Erbakan University in Turkey were asked to score the bazlama in terms of color/appearance, shape symmetry, taste/texture, porosity and chewiness, the yufka in terms of color, shape symmetry, taste/texture, tenderness and chewiness using 9-point hedonic scale with 1-2 dislike, 5 acceptable, 8-9 like extremely. The samples were assigned three digit random codes and served to the panelists. Each replicate was presented over 2 days to each panelist.

Statistical analysis

JMP statistical package software (Version 5.0.1.a, SAS Institute. Inc. Cary, NC, USA) was used to perform statistical analyses. Data were assessed by analysis of variance. Tukey HSD test was used to separate means. Significance was accepted at $p < 0.05$ throughout the analysis.

Results and Discussion

Dimensions of SWB supplemented bazlama and yufka samples

Dimensions of SWB supplemented bazlama and yufka samples were shown in Table 2. Diameter

values ranged between 15.3 - 15.6 cm for control bazlama and MW-SWB added bazlama samples respectively. There was not significant ($p > 0.05$) difference between the bazlama samples in terms of diameter factor. But in yufka samples AC-SWB added yufka samples gave the highest diameter values. Thickness values of bazlama and yufka samples varied from 1.14 cm to 1.48 cm and 0.71 cm to 0.97 cm respectively. While SWB added bazlama samples gave statistically ($p < 0.05$) lower thickness values compared to the control bazlama samples, spread factor of SWB added bazlama samples were higher than control and WWF control bazlama samples.

Loaf volume is the most effective parameters in the estimation of wheat and flour quality. In the study of Elgün et al. (2011), the positive effects of the MW and AC methods on loaf volume were determined and the highest specific volume value was obtained with MW stabilized branny fraction flour mixes.

Bazlama samples made whole wheat flour gave lower spread factor than bazlama made with SWB. Levent and Bilgiçli (2012) stated that substitution of wheat flour with resistant starch increased the diameter and decreased the thickness when compared to the control bazlama, lavaş and yufka sample. While microwave SWB added yufka samples showed significantly similar thickness values with control yufka, hot air oven and AC-SWB added yufka samples showed the lowest thickness values among all yufka samples. In literature, the substitution of wheat bran and wheat germ fractions resulted in smaller volume or lesser thickness of biscuits and bread has been reported by Rao et al., (1980); Sidhu et al., (2001); Gomez et al., (2012) and Curti et al., (2013). It may be due to the weakened structure of bread dough diluted with non-gluten components such as wheat bran. ANOVA results showed a difference in the spread factor between control bazlama and SWB added bazlama samples, and also control yufka and SWB added yufka samples ($p < 0.05$). The control bazlama and yufka samples showed lower spread factor values than SWB added bazlama samples. The highest spread factor values were observed with SWB by all stabilization methods added bazlama samples and autoclaved SWB added yufka samples.

Table 2. Dimensions of SWB supplemented bazlama and yufka samples

Bazlama samples		Diameter (cm)	Thickness (cm)	Spread Factor
Control bazlama		15.3 ± 0.37 a	1.48 ± 0.03 a	10.3 ± 0.05 c
Control WWF bazlama		15.4 ± 0.21 a	1.30 ± 0.03 b	11.9 ± 0.21 b
Stabilization process	Hot air oven	15.4 ± 0.44 a	1.20 ± 0.04 bc	12.8 ± 0.09 a
	Microwave	15.6 ± 0.41 a	1.14 ± 0.03 c	13.6 ± 0.02 a
	Autoclave	15.4 ± 0.51 a	1.16 ± 0.03 c	13.2 ± 0.12 a
Yufka samples		Diameter (cm)	Thickness (cm)	Spread Factor
Control yufka		39.6 ± 0.48 b	0.83 ± 0.04 b	47.7 ± 1.86 c
Control WWF yufka		39.7 ± 0.57 b	0.97 ± 0.01 a	40.9 ± 0.01 d
Stabilization process	Hot air oven	39.3 ± 0.52 c	0.75 ± 0.03 c	52.4 ± 1.28 b
	Microwave	37.3 ± 0.47 d	0.82 ± 0.01 b	45.5 ± 0.22 c
	Autoclave	43.1 ± 0.54 a	0.71 ± 0.03 c	60.7 ± 1.66 a

The means with the same letter in column are not significantly different ($p < 0.05$). WWF: Whole wheat flour, SWB; Stabilized wheat bran

Color attributes of SWB supplemented bazlama and yufka samples

The bazlama color significantly decreased for lightness (L^*) and hue angle values. Significant ($p < 0.05$) increase in redness was observed with SWB addition compared to the control bazlama sample. Color values (L^* , a^* and b^*) were measured as 66.14; 6.68 and 19.45 for HAO-SWB; 68.14; 6.28 and 18.35 for MW-SWB and 56.04; 7.84 and 20.39 for AC-SWB. The addition of SWB resulted in darker bazlama product that is attributed to the color changes brought about by the SWB substitution for wheat flour (Table 3). As expected, SWB colour intensity affected the colour of the end product, bazlama and yufka. It was also verified by Almeida et al., (2013) that wheat bran is the fibre source that has a greatest effect such as reducing lightness and hue angle, increasing chroma, making darker crumb color, due to its inherent color. Pınarlı et al., (2004) reported that microwave application on wheat germ, decreased the lightness, increased the redness values compared to the control samples. Demir and Elgün (2013) reported that stabilization applications such as autoclave and microwave on whole wheat flour increased the redness (a^*) values of bread crumb and crust colour compared to the control samples. Autoclaved SWB addition gave the lowest lightness values to bazlama and yufka samples. Stabilization of wheat bran showed a decrease in yellowness and saturation index according to control whole wheat flour bazlama sample, but an increase according to control bazlama sample, and also control whole wheat flour baz-

lama gave the highest b^* and saturation index values in all bazlama samples. In yufka samples, using whole wheat flour resulted in lower lightness and yellowness values.

Microwave treatment showed lower redness, yellowness and saturation index values of SWB added yufka samples than the other stabilization processes, while higher yellowness and saturation index values observed in AC-SWB added yufka samples than the other stabilization methods.

Chemical and nutritional properties of SWB supplemented bazlama and yufka samples

Crude ash, crude protein, phytate phosphorus and phytic acid analysis results of bazlama and yufka samples are presented in Table 4. It has been reported that wheat bran contains higher protein (13.65%), ash (4.32%), Ca (543 mg/100g), Cu (0.91 mg/100g), Fe (10.0 mg/100g), K (1388.6 mg/100g), Mg (334.9 mg/100g), Mn (7.39 mg/100g), P (640.9 mg/100g), Zn (5.10 mg/100g) and phytic acid (3116 mg/100g) content than wheat flour (Bilgiçli et al., 2006). According to results presented in Table 4, SWB added bazlama and yufka samples had higher crude ash, phytate phosphorus and phytic acid content in comparison to control bazlama and yufka samples. And also more ash content means more mineral content (Delahaye et al., 2005). This means that with SWB addition, the nutritional quality of bazlama and yufka improved. Similar crude ash amounts obtained with using whole wheat flour and SWB in flat breads. Other studies carried out wheat germ and wheat bran, several authors reported (Srivastava et al., 2007; Porres et al., 2003; Nandeesh et al.,

2011) that the ash content increase with microwave and autoclave treatments. Crude protein did not show statistically significant ($p < 0.05$) differences, the sample shows 12.36%, 12.87% 12.45%, 12.81% and 12.64% for control, whole wheat flour control, hot air oven, microwave and autoclave SWB added bazlama respectively. Similar results had been reported by Demir and Elgün (2014). It may be due to a closer crude protein content of wheat flour and the SWB. Yadav et al., (2010) stated that stabilization treatments on whole wheat flour increase the dry matter, and also Moran et al., (1968) and Zhao et al., (2007) stated that microwave application increased the dry matter and also increased the ash content of applied to the product. But there were significant ($p < 0.05$) differences among phytate phosphorus and phytic acid contents of bazlama and yufka samples according to stabilization process. Bazlama samples gave lower phytic acid and phytate phosphorus content than yufka samples, this is due to phytase activity of bakers' yeast containing of bazlama. In general, yeast addition results in an intensive degradation of phytic acid (Lasztity and Lasztity, 1990). It is believed that foods is higher nutritional value due to the containing a minimum amount of

phytic acid as an anti-nutritional compound. Microwave and autoclave stabilization processes showed higher loss of phytate phosphorus and phytic acid content of bazlama samples than hot air oven stabilization process. Therefore, autoclave treatment in SWB added yufka samples as shown in the present study seems to be an effective treatment to decrease phytate among all stabilization processes. A research studied by Özkaya (2004), coarse and fine wheat bran samples were dephytinised with three different methods (by adding yeast, by adding malt flour, by applying autoclaving process) and investigated the changes of phytic acid and phytate phosphorus ratios. Among three methods, the highest phytic acid degradation was achieved through autoclaving method (Özkaya, 2004). Demir and Elgün (2014) stated that the best reduction of the phytic acid content were obtained by autoclave and microwave stabilization methods among all stabilization methods due to the thermal process (autoclave, microwave, IR and UV-C). Also Sharma and Sehgal, (1992) reported that phytic acid is relatively heat stable, for its destruction; prolonged autoclaving process can be apply effectively.

Table 3. Color attributes of SWB supplemented bazlama and yufka samples

Bazlama samples		L*	a*	b*	Saturation index	Hue angle
Control bazlama		75.21 ± 0.31 a	1.44 ± 0.16 c	8.03 ± 0.13 d	8.72 ± 0.20 d	79.83 ± 0.92 a
Control WWF bazlama		70.39 ± 0.24 b	3.81 ± 0.05 b	22.82 ± 0.10 a	24.65 ± 0.13 a	80.54 ± 0.08 a
Stabilization process	Hot air oven	68.59 ± 0.37 c	5.26 ± 0.21 a	21.15 ± 0.16 b	23.63 ± 0.25 b	76.03 ± 0.44 b
	Microwave	69.27 ± 0.71 bc	4.78 ± 0.28 a	20.43 ± 0.18 c	22.69 ± 0.31 c	76.83 ± 0.64 b
	Autoclave	63.35 ± 0.58 d	5.34 ± 0.23 a	20.02 ± 0.11 c	22.53 ± 0.21 c	75.07 ± 0.52 b
Yufka samples		L*	a*	b*	Saturation index	Hue angle
Control yufka		83.72 ± 0.23 a	1.95 ± 0.33 b	18.74 ± 0.20 a	19.69 ± 0.35 a	84.06 ± 0.92 a
Control WWF yufka		81.56 ± 0.61 c	2.58 ± 0.31 a	14.25 ± 0.21 d	15.49 ± 0.36 d	79.74 ± 1.06 d
Stabilization process	Hot air oven	82.25 ± 0.41 b	2.43 ± 0.25 a	14.91 ± 0.18 c	16.08 ± 0.30 c	80.74 ± 0.84 c
	Microwave	82.73 ± 0.51 b	2.12 ± 0.20 b	14.34 ± 0.18 d	15.36 ± 0.28 d	81.59 ± 0.67 b
	Autoclave	78.55 ± 0.47 d	2.40 ± 0.34 a	15.27 ± 0.16 b	16.43 ± 0.31 b	81.07 ± 1.15 bc

The means with the same letter in column are not significantly different ($p < 0.05$). WWF: Whole wheat flour, SWB; Stabilized wheat bran

Table 4. Crude ash, crude protein, phytate phosphorus and phytic acid content of SWB supplemented bazlama and yufka samples

Bazlama samples	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Phytate phosphorus (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)
Control bazlama	1.68 ± 0.03 b	12.36 ± 0.14 a	16.58 ± 7.00 c	58.80 ± 24.82 c
Control WWF bazlama	2.62 ± 0.04 a	12.87 ± 0.16 a	218.00 ± 4.75b	773.03 ± 16.85b
Stabilization process	Hot air oven	12.45 ± 0.14 a	257.02 ± 3.22 a	911.40 ± 11.41 a
	Microwave	12.81 ± 0.11 a	221.49 ± 9.00 b	785.40 ± 31.90 b
	Autoclave	12.64 ± 0.08 a	212.01 ± 4.67 b	751.80 ± 16.57 b
Yufka samples	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Phytate phosphorus (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)
Control yufka	1.62 ± 0.03 c	11.85 ± 0.17 b	66.33 ± 6.23 e	235.20 ± 22.10 e
Control WWF yufka	2.48 ± 0.01 a	12.58 ± 0.11 a	231.58 ± 4.24 c	821.18 ± 15.02 c
Stabilization process	Hot air oven	12.33 ± 0.13 a	281.89 ± 7.47 a	1003.79 ± 26.49 a
	Microwave	12.53 ± 0.10 a	267.68 ± 8.42 b	949.20 ± 29.87 b
	Autoclave	12.49 ± 0.16 a	214.38 ± 9.81 d	760.20 ± 34.80 d

The means with the same letter in column are not significantly different ($p < 0.05$). Values are based on dry matter. WWF: Whole wheat flour, SWB; Stabilized wheat bran

Table. 5 Mineral content of SWB supplemented bazlama and yufka samples(mg/100g)

Bazlama samples	Calcium	Potassium	Magnesium	Manganese
Control bazlama	24.52 ± 1.19 c	231.30 ± 1.22 d	32.92 ± 1.15 d	0.78 ± 0.04 c
Control WWF bazlama	39.76 ± 1.53 ab	477.90 ± 2.13 ab	56.26 ± 1.18 c	1.41 ± 0.08 b
Stabilization process	Hot air oven	461.97 ± 1.27 b	120.10 ± 1.20 a	2.49 ± 0.04 a
	Microwave	482.24 ± 1.16 c	129.34 ± 1.07 b	2.67 ± 0.03 a
	Autoclave	474.21 ± 1.15 a	128.22 ± 1.22 a	2.62 ± 0.05 a
Yufka samples	Calcium	Potassium	Magnesium	Manganese
Control yufka	25.55 ± 1.50 e	224.68 ± 1.13 e	35.36 ± 1.33 e	0.83 ± 0.04 d
Control WWF yufka	40.28 ± 1.46 c	411.36 ± 1.32 c	53.12 ± 1.27 d	1.56 ± 0.04 c
Stabilization process	Hot air oven	389.34 ± 1.24 d	104.54 ± 1.22 c	2.16 ± 0.04 b
	Microwave	418.62 ± 1.12 a	114.47 ± 1.19 a	2.35 ± 0.04 a
	Autoclave	414.74 ± 1.27 b	111.55 ± 1.29 b	2.33 ± 0.03 a
Bazlama samples	Sodium	Phosphorus	Iron	Zinc
Control bazlama	686.03 ± 2.15 b	200.45 ± 1.81 d	2.32 ± 0.10 c	0.79 ± 0.03 c
Control WWF bazlama	656.54 ± 4.65 c	207.03 ± 2.39 d	2.86 ± 0.03 a	2.24 ± 0.04 a
Stabilization process	Hot air oven	409.83 ± 1.92 a	3.48 ± 0.11 a	1.55 ± 0.02 b
	Microwave	438.73 ± 1.87 c	3.82 ± 0.11 a	1.63 ± 0.03 b
	Autoclave	418.90 ± 1.75 b	3.51 ± 0.13 a	1.62 ± 0.02 b
Yufka samples	Sodium	Phosphorus	Iron	Zinc
Control yufka	611.98 ± 4.58 b	224.44 ± 1.97 e	2.36 ± 0.11 e	0.86 ± 0.02 e
Control WWF yufka	471.01 ± 1.91 d	226.34 ± 1.57 d	3.64 ± 0.10 b	2.11 ± 0.03 a
Stabilization process	Hot air oven	345.97 ± 1.88 c	2.91 ± 0.11 d	1.35 ± 0.03 d
	Microwave	394.88 ± 1.68 a	4.80 ± 0.13 a	1.45 ± 0.04 b
	Autoclave	370.33 ± 1.77 b	3.27 ± 0.13 c	1.42 ± 0.03 c

The means with the same letter in column are not significantly different ($p < 0.05$). Values are based on dry matter. WWF: Whole wheat flour, SWB; Stabilized wheat bran

Substitution of wheat bran for wheat flour, the mineral elements particularly calcium, potassium, magnesium, manganese, sodium, phosphorus, iron and zinc content was increased and improved the nutritional quality characteristics of bazlama and yufka samples.

It is normally expected that the mineral content of wheat bran was relatively high, Ca, K, Mg, Mn, Na, P, Fe and Zn values of bazlama and yufka enriched with SWB samples were found to be high as well. Hot air oven, microwave and autoclave stabilization of wheat bran showed significantly ($p < 0.05$) similar manganese, sodium, iron and zinc contents of bazlama samples. Microwave stabilization process showed the lower calcium, potassium, magnesium and phosphorus content of bazlama samples among all stabilization processes, also in yufka samples the highest calcium, potassium, magnesium, phosphorus and iron content obtained with microwave SWB added yufka samples. In literature ultraviolet, autoclave, infrared and microwave applications increase or protect the mineral content of food products (McCurdy, 1992; Yue et al., 1998; Porres et al., 2003; Nandeesh et al., 2011; Demir and Elgün 2014). Also Porres et al., (2003) reported that autoclave stabilization application (at 120°C, 101325,01 Pa, 30 min) on lentil increased the ash content from 3.4 to 3.5%, and, consequently the calcium content increased from 691 to 736 mg/kg.

Sensorial attributes of SWB supplemented bazlama and yufka samples

Faridi and Rubenthaler (1984) made quality classification for pita breads. Homogeneity of upper and under surfaces; soft, moist, shiny and white crumb; glossy gold brown colored crust; high specific volume and low rheological value comes from the criteria used in quality classification for pita. But there is no scientific classification and for bazlama and yufka breads. Pita, leavened and double layered flat bread, is different from bazlama (single layered) and yufka (unleavened) among the flat breads.

Figure 1A presented the hedonic sensory evaluation scores for the parameters of color/appearance, shape/symmetry, taste/flavour, porosity and chewiness for bazlama samples. Substitution of SWB by different stabilization processes with wheat flour significantly ($p < 0.05$) affected the sensory properties of bazlama and yufka samples. The best color/appearance was achieved by control bazlama, however SWB addition in bazlama

formulation lowered the surface color/appearance scores of bazlama. This may be due to the natural color of wheat bran directly affected the color of flat breads. Control and hot air oven SWB added bazlama samples gave similar and higher shape/symmetry scores than the other bazlama samples. Control bazlama possessed the highest scores for color appearance. All stabilization methods gave significantly ($p < 0.01$) similar and lower color/appearance scores than control bazlama and whole wheat flour control sample. Supplementa-tion of hot air oven SWB gave the best shape/symmetry properties among all bazlama samples include the control samples.

Porosity scores significantly ($p < 0.05$) decreased by substitution of SWB with different stabilization processes, moreover, the lowest porosity and taste/flavour scores obtained with microwave SWB bazlama. The panellists gave the highest chewiness score for bazlama substituted with autoclave SWB. Also Yildiz and Bilgiçli (2012) reported that addition of whole wheat flour positively affected the chewiness and elasticity of the lavaş and higher elasticity and chewiness scores obtained with 40% whole buckwheat flour addition level than control sample. Caprez et al., (1986) stated that the largest effects of the thermal treatments of wheat bran were rheological changes observed in the Farinograph. Figure 1B presented color, shape/symmetry, taste/flavour, tenderness and chewiness for yufka samples. Figure 1B showed that surface color of hot air oven SWB added yufka sample did not differ from control sample and they were evaluated as better than other yufka samples. Except the microwave SWB added yufka samples, all the yufka samples gave similar shape/symmetry scores. It was observed that microwave SWB addition in yufka showed the adverse effect on color, shape/symmetry, taste, tenderness and chewiness characteristics and also hot air oven and autoclave stabilization processes demonstrated similar and better sensory characteristics than microwave stabilization process. But according to taste, tenderness, and chewiness, control yufka sample showed the highest scores in all yufka samples.

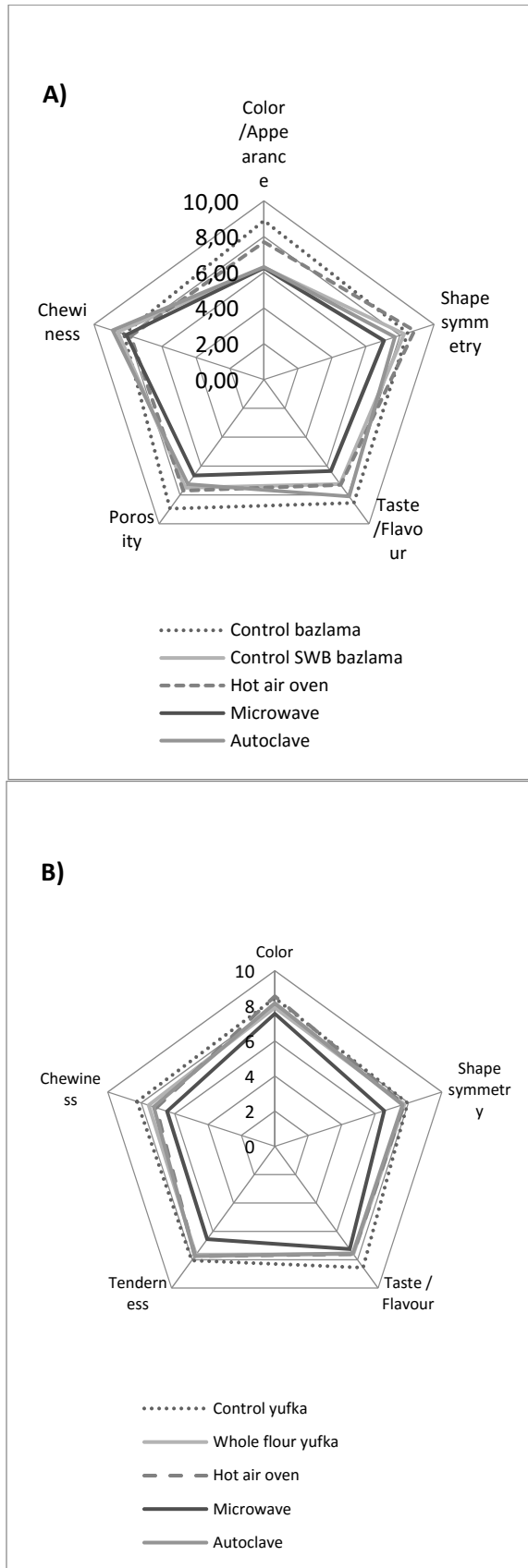


Figure 1. A) Sensory attributes of SWB supplemented bazlama and B) yufka samples

Conclusion

Dimensions (diameter, thickness and spread factor) and color attributes (L^* , a^* , b^* , SI and Hue angle) of the yufka samples were significantly influenced by the substitution of SWB. Stabilization processes statistically ($p < 0.05$) affected color properties of bazlama samples, but whole wheat flour control bazlama sample gave the highest b^* values of bazlama in all bazlama samples. Higher crude ash, phytate phosphorus content in comparison to control bazlama and yufka samples were observed with SWB added bazlama and yufka samples. The higher loss of phytate phosphorus and phytic acid contents of bazlama samples were achieved by microwave and autoclave stabilization processes than hot air oven stabilization process. The autoclave treatment had a greater effect on the phytic acid loss of yufka samples than those of stabilization processes. This study demonstrated that hot air oven SWB added bazlama samples gave higher shape/symmetry scores than the other bazlama samples substituted SWB by other stabilization treatments for wheat flour. Autoclave SWB substitution can be good alternative to improve the nutritional properties of flat breads.

References

- American Association of Cereal Chemists AACC (1990). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* St. Paul MN: AACC.
- Akbaş, B.E. (2000). Mısır ekmeğinin bazı özellikleri ve yapım yöntemlerinin fitik asit miktarı üzerine etkileri (Some properties of corn bread and the effects of breadmaking methods on the amount of phytic acid), M. Thesis, Ankara University, Ankara.
- Akhtar, S. & Ashgar, A. (2011). Flour and breads and their fortification in health and disease prevention *Edited by: Victor Preedy, Ronald Watson and Vinood Patel* Chapter 24 – Mineral Fortification of Whole Wheat Flour: An Overview. London, UK: Elsevier, 263-271, ISBN 978-0-12-380886-8.
- Allen, J.C. & Hamilton, R.J. (1989). Rancidity in Foods. Elsevier Applied Science Publishers: Springer-Verlag. ISBN 1-85166-327-4.
- Almeida, E.L., Chang, Y.K. & Steel, C.J. (2013). Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality.

- LWT - Food Science and Technology*, 53, 262-270.
- Azizi, M.H., Rajabzadeh, N. & Riahi, E. (2003). Effect of mono-diglyceride and lecithin on dough rheological characteristics and quality of flat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 36(2), 189-193.
- Başman, A. & Köksel, H. (2001). Effects of barley flour and wheat bran supplementation on the properties and composition of Turkish flat bread (yufka). *European Food Research and Technology*, 212, 198-202.
- Başman, A. & Köksel, H. (1999). Properties and composition of Turkish flat bread (bazlama) supplemented with barley flour and wheat bran. *Cereal Chemistry*, 76, 506-511.
- Benzie, I.F. (1996). Lipid peroxidation: A review of causes, consequences, measurement and dietary influences. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 47, 233-261.
- Brathen, E. & Knutsen S. H. (2005). Effect of temperature and time on the formation of acrylamide in starch-based and cereal model systems, flat breads and bread, *Food Chemistry*, 92(4), 693-700.
- Brown, L., Rosner, B., Willett, W.W. & Sacks, F.M. (1999). Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 30-42.
- Bubert, H. & Hagenah, W.D. (1987). Detection and measurement. In: Boumans P.W.J.M. (ed) *Inductively coupled plasma emission spectroscopy*, Wiley, New York; Interscience Pub., 536-567. ISBN: 978-0-471-85378-7
- Caprez, A, Arrigoni, E., Amado, R. & Neukom, A. (1986). Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 4, 233-239.
- Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G. & Vittadini, E. (2013). Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*, 57 (3), 325-332.
- Czeizel, A.E. & Merhala, Z. (1998). Bread fortification with folic acid, vitamin B12, and vitamin B6 in Hungary *The Lancet* 352(9135), 1225.
- Delahaye, E.P., Jimenez, P. & Perez, E. (2005). Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas, *Journal of Food Engineering*, 68, 1-7.
- Demir, M.K. & Elgün, A. (2014). Comparison of autoclave, microwave, IR and UV-C stabilization of whole wheat flour branny fractions upon the nutritional properties of whole wheat bread. *Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 59-66.
- Demir, M.K. & Elgün, A. (2013). Stabilization of whole wheat flour branny fractions with special emphasis on internal and external characteristic of whole wheat bread, *Food Science and Technology Research*, 19(2), 195-200.
- Dexter, J.E., Martin, D.G., Saranganey, G.T., Michailides, J., Mathienson, N. & Tkac, J.J. (1994). Preprocessing: effect on durum wheat milling and spaghetti-making quality. *Cereal Chemistry*, 71, 10-16.
- Dexter, J.E., Symons, S.J. & Martin, D.G. (1994). Enhancement of durum wheat quality by preprocessing and evaluation of Xuroescent imaging as a rapid technique for monitoring preprocessing efficiency. *Association of Operative Millers Bulletin August*, 6415-6420.
- Eriksson, C.E. (1987). Oxidation of lipids in food systems. In: Auto-oxidation of Unsaturated Lipids. H.W.S. Chan, ed., 207-231. Academic Press, London. ISBN 978-0-121-67630-8
- Frankel, E.N. (1995). Natural and biological antioxidants in foods and biological systems. Their mechanism of action, applications and implications. *Lipid Technology*, 7, 577-580.
- Gardner, W.H. (1995). Biological roles and biochemistry of the lipoxygenase pathway. *Horticulture Science*, 30, 197-205.
- Gomez, M., Gonzalez, J. & Oliete, B. (2012). Effect of extruded wheat germ on dough rheology and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2409-2418.
- Grizard, D. & Barthelemy, C. (1999). Non-digestible oligosaccharides used as prebiotic agents: Mode of production and beneficial effects on animal and human health. *Reproduction, Nutrition, Development*, 39, 563-588.

- Hariri, G., Willams, P.C. & El-haramein, F.J. (2000). Influence of pentatomid insects on the physical dough properties and two-layered flat bread baking quality of Syrian wheat. *Journal of Cereal Science*, 31(2), 111-118.
- Haugh, W. & Lantzsch, H.J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.
- Hayta, M. Özüğür, G. (2011). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention *Edited by: Victor Preedy, Ronald Watson and Vinood Patel Chapter 27 – Phytochemical Fortification of Flour and Bread*, London, UK: Elsevier, 293-300, ISBN 978-0-12-380886-8.
- Hemery, Y., Lullien-pellerin, V., Rouau, X. Abecassis, J., Samson, M.F., Aman, P., Von Reding, W., Spoerndli, C. & Barron, C. (2009). Biochemical markers: efficient tools for the assessment of wheat grain tissues proportions in milling fractions. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 55-64.
- Izydorczyk, M.S. & Mcmillan, T. (2011). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention *Edited by: Victor Preedy, Ronald Watson and Vinood Patel Chapter 31 – Barley β -Glucans and Fiber-Rich Fractions as Functional Ingredients in Flat and Pan Breads*, London, UK: Elsevier, 337-353, ISBN 978-0-12-380886-8.
- Izydorczyk, M.S., Chornick, T.L., Paulley, F.G., Edwards, N.M. & Dexter, J.E. (2008). Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread. *Food Chemistry*, 108(2), 561-570.
- Kullen, M.J. & Klaenhammer, T.R. (1999). "Identification of the pH-inducible, proton-translocating F1F0-ATPase atpBEFHAGDC) operon of *Lactobacillus acidophilus* by differential display: genestructure, cloning and characterization," *Molecular Microbiology*, 33, 1152-1161.
- Kurman, J.A. & Rasic, J.L. (1991). The health potential of products containing *Bifidobacteria*. In: Therapeutic properties of fermented milks, Robinson, R.K. (Ed.). Elsevier Applied Science, London, UK., 117-157. ISBN 10: 1851665528.
- Mccurdy, S.M. (1992). Infrared processing of dry peas, canola, and canola screenings. *Journal of Food Science*, 57(4), 941-944.
- Moran, J.R.E.T., Summers, J.D. & Bass, E.J. (1968). Heat processing of wheat germ meal and its effect on utilization and protein quality for the growing chick; roasting and autoclaving. *Cereal Chemistry*, 45, 304-308.
- Mustafa, A., Andersson, R., Kamal-eldin, A. & Aman, P. (2011). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention *Edited by: Victor Preedy, Ronald Watson and Vinood Patel, Chapter 30 – Fortification with Free Amino Acids Affects Acrylamide Content in Yeast Leavened Bread*, London, UK: Elsevier, 325-335, ISBN 978-0-12-380886-8.
- Nandeesh, K., Jyotsna, R. & Rao, G.V. (2011). Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits, *Journal of Food Process and Preservation*, 35(2), 179-200.
- Nandini, C.D. & Salimath P.V. (2001). Carbohydrate composition of wheat, wheat bran, sorghum and bajra with good chapati/roti (Indian flat bread) making quality *Food Chemistry*, 73(2), 197-203.
- Noort, M.W.J., Van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H.A. & Hamer, R.J. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality e Evidence for fibre protein interactions. *Cereal Science*, 52(1), 59-64.
- Penga, X., Maa, J., Chenga, K., Jiang, Y., Chena, F. & Wang, M. (2010). The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread, *Food Chemistry* 119, 49-53.
- Pınarlı, I., İbanoğlu, Ş. & Öner, M.D. (2004). Effect of storage on the selected properties of macaroni enriched with wheat germ. *Journal of Food Engineering*, 51, 209-213.
- Porres, J.M., López-Jurado, M., Aranda, P. & Urbano, G. (2003). Effect of heat treatment and mineral and vitamin supplementation on the

- nutritive use of protein and calcium from lentils (*Lens culinaris* M.) in growing rats. *Nutrition*, 19(5), 451-456.
- Qarooni, J. (1996). *Flat Bread Technology*, International Thomson Publishing, NY: Chapman and Hall, ISBN-0-412- 08111-3.
- Rao, G.C.P.R., Rao, P.H., Kumar, G.V. & Shurpalekar, S.R. (1980). Utilization of wheat germ in the preparation of bread and biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 17(4), 171-175.
- Reinhold, J.G. (1971). High phytate content of rural Iranian bread: a possible cause of human zinc deficiency. *American Journal of Clinical Nutrition*, 24(10), 1204-1206.
- Rodriguez-Amaya, D.B., Nutti, M.R. & Carvalho, J.L.V. (2011). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention *Edited by: Victor Preedy, Ronald Watson and Vinood Patel*, Chapter 28 – Carotenoids of Sweet Potato, Cassava, and Maize and Their Use in Bread and Flour Fortification, London, UK: Elsevier, 301-311. ISBN 978-0-12-380886-8.
- Serna-Saldivar, S. & Abril, R. (2011). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention *Edited by: Victor Preedy, Ronald Watson and Vinood Patel*, Chapter 29 – Production and Nutraceutical Properties of Breads Fortified with DHA- and Omega-3-Containing Oils, London, UK: Elsevier, 313-323, ISBN 978-0-12-380886-8.
- Sidhu, J.S., Al-Hooti, S.N., Al-Saqer, J.M. & Al-Othman, A. (2001). Studies on the development of pan bread using raw wheat germ. *Journal of Food Quality*, 24(3), 235-247.
- Srivastava, A.K. Sudha, M.L. Baskaran, V. Leelavathi, K. (2007). Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough, *European Food Research Technology*, 224, 365-372.
- Thomas, A. (2005). "Fats and Fatty Oils" in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim., ISBN 3527306730, Doi:10.1002/14356007.a10_173
- Tudorica, C.M., Kuri, V. & Brennan, C.S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 347–356.
- Waldemar, T. (1990). *Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung*. Hamburg: Behr's Verlag., 37-50, ISBN 9783925673849.
- Yadav, D.N., Patki, P.E., Srihari, S.P., Sharma, G.K. & Bawa, A.S. (2010). Studies on polyphenol oxidase activity of heat stabilized whole wheat flour and its chapatti making quality. *International Journal of Food Properties*, 13(1), 142-154.
- Yıldız, G. & Bilgiçli, N. (2012). Effects of whole buckwheat flour on physical, chemical and sensory properties of flat bread, lavaş. *Czech Journal of Food Science*, 30(6), 534-540.
- Yue, M., Li, Y. & Wang, X. (1998). Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on plant nutrients and decomposition of spring wheat under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 40(3), 187-196.
- Zhao, S., Xiong, S., Qiu, C. & Xu, Y. (2007). Effect of microwaves on rice quality. *Journal of Stored Products Research*, 43, 496-502.

ORIGINAL ARTICLE/ORİJİNAL ÇALIŞMA

FULL PAPER

TAM MAKALE

YENGEÇ, İSTAKOZ SURİMİ VE FÜME SOMON İLE HAZIRLANMIŞ MAKİZUŞİNİN 4 ±1°C'DE DUYUSAL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ**Bengünur ÇORAPÇI, Nilgün GÜNERİ**

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Akliman, Sinop/Türkiye

Received: 26.04.2016

Accepted: 17.08.2016

Published online: 18.08.2016

Corresponding author:

Bengünur ÇORAPÇI, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Akliman, Sinop/Türkiye

E-mail: bengucorapci@hotmail.com, bsovleven@sinop.edu.tr**Öz:**

Bu çalışmada yengeç surimi, istakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılan suşilerin duyuşal özellikleri, besin kompozisyonu, TVB-N değeri, pH, su aktivitesi, renk ve mikrobiyolojik kalitesi incelenmiştir. En yüksek protein değeri %4.26 olarak füme somonlu suşide tespit edilmiştir. TVB-N değerleri depolama süresince yengeç surimi ile yapılan suşilerde 1.36-2.07 mg/100g, istakoz surimili suşilerde 1.37-1.39 mg/100g ve füme somondan yapılan suşilerde ise 2.06-2.78 mg/100g arasında değişmiştir. Yengeç surimi, istakoz surimi ve füme somondan yapılan suşinin ilk gün pH değerleri sırasıyla; 5.33, 5.56 ve 5.31 olarak ölçülmüştür. Bu değerler depolamanın son günü sırasıyla; 4.49, 4.39 ve 4.74 değerlerine düşmüştür. Su aktivitesi değerleri tüm gruplarda 0.958-0.973 arasında değişmiştir. L* değerleri tüm gruplarda 43.94-55.82, a* değerleri 0.43-1.99 ve b* değerleri 2.85-7.95 arasında belirlenmiştir. Tüm gruplarda en yüksek ve en düşük mikrobiyolojik değerler toplam mezofilik aerobik bakteriler için 2.61-5.44 log kob/g, toplam psikrofilik aerobik bakteriler için 2.53-5.39 log kob/g, toplam maya-küf için 2.52-5.44 log kob/g ve toplam koliform bakteriler için 3-3.52 log kob/g olarak bulunmuştur. Yapılan analizlerde E. coli'ye rastlanmamıştır. Surimi ve füme somondan yapılan suşilerin raf ömrü 7 gün olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Makizushi, Yengeç surimi, İstakoz surimi, Füme Norveç somonu, Raf ömrü

Abstract:**The Sensory, Chemical and Microbiological Quality of Makizushi Produced with Crab Surimi, Lobster Surimi and Smoked Norway Salmon at 4 ±1°C**

In this study was determined of sushi's sensory properties, nutritional composition, TVB-N value, pH, water activity, color and microbiological quality produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon. The highest protein value was determined smoked salmon sushi as 4.26%. The TVB-N values were varied between 1.36 to 2.07 mg/100g in sushi's produced with crab surimi, 1.37 to 1.39 mg/100g in sushi's produced with lobster surimi and 2.06 to 2.78 mg/100 g in sushi's produced with smoked salmon during storage. The pH values sushi's produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon were measured as 5.33, 5.56 and 5.31 the first day of storage, respectively. These values decreased 4.49, 4.39 and 4.74 at the end of the storage, respectively. The water activity values changed between 0.958-0.973 all the groups. The L* values 43.94-55.82, a* values 0.43- 1.99 and b* values between 2.85- 7.95 were determined all the groups. The highest and lowest microbiological values in all the groups were found in the total mesophilic aerobic bacteria as 2.61-5.44 log cfu/g, psychrophile aerobic bacteria as 2.53-5.39 log cfu/g, total yeast-mold as 2.52-5.44 log cfu/g and total coliform bacteria as 3-3.52 log cfu/g. The E. coli was not observed in the study. The shelf-life of sushi produced with surimi and smoked salmon was determined as 7 days.

Keywords: Makizushi, Crab surimi, Lobster surimi, Smoked Norway salmon, Shelf-life

Giriş

Suşi, sirke ve çeşitli lezzetlendiricilerle hazırlanan pirinç karışımı ile çoğunlukla çiğ su ürünlerinin birleşiminden oluşan geleneksel bir Japon yemeğidir (Atanassova ve ark., 2008). Bütün balık türleri olmamakla birlikte, suşi yapılırken balık çiğ olarak kullanılır. Diğer içerikler pişmiş, haşlanmış, sotelenmiş ya da marine edilmiş olabilmektedir (Steffen ve ark., 2010). Taze sebze olarak içerisinde salatalık, yeşil soğan ve avakado kullanılabilmektedir (Hoel ve ark., 2015). Vejeteryan çeşitlerinin yanı sıra ton balığı (çeşitli türler), somon, yılan balığı ve diğer pek çok balık türleriyle beraber karides ve yengeç gibi türler ile tüketime sunulabilmektedir. Suşi tüketimi Amerika ve diğer ülkelerde hızla artmakta ve özel restoranlar ve suşi barların yanı sıra bakkal ve büfelerde de bulunmaktadır (Corson, 2007; Burger ve ark., 2014).

Suşi tipleri *nigiri*, *maki* ve *temaki* olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. Nigirizuşi genellikle çiğ balık, somon yumurtaları, pişmiş karides ya da pirinç üzerine dilimlenmiş yumurta (pişmiş) olarak servis edilir ve çift halinde tüketime sunulur (Anonim, 2016; Feng, 2012). Makizuşi aynı zamanda rulo suşi olarak da bilinmektedir. Tasarım ve sunum şeklinin çok yönlülüğü sebebiyle suşi fanları arasında çok popülerdir. Çiğ balık tüketmekle ilişkili olarak fiziksel ya da psikolojik mide bulantısını tamamen yok eden memnun edici bir lezzet rulo malzemesinde birleştiğinden dolayı suşi yemeye yeni başlayanlar özellikle maki rulolarını cezbedici bulmaktadırlar. Makizuşi pirinç ve yosun (nori) ile sarılarak 6 ya da 8 lokma büyüklüğünde parçalara dilimlenmektedir. Üçüncü tip suşi '*temaki*' ya da '*handroll*' olarak adlandırılmaktadır. Temakizuşi el ile külah şeklinde sarılmaktadır. Genellikle büyük parça sebzeler ve füme somon içermektedir (Feng, 2012).

Suşi genellikle yapıldıktan hemen sonra servis edilen bir gıda ürünüdür. Ancak yüksek tüketici talebi nedeniyle endüstriyel üretimin gerekli olduğu düşünülmektedir (Simpson ve ark., 2008). Literatürde suşinin raf ömrünün araştırıldığı çok az sayıda çalışma mevcuttur (Simpson ve ark., 2008; Mol ve ark., 2014). Restoranlar, oteller ve süpermarketler günlük paketlenmiş suşi üretimini sağlayabilmektedirler. Ancak benzin istasyonları ve perakendeciler gibi küçük satış noktaları günlük üretim sağlayamamaktadır. İsviçre'de bir suşi üretim tesisinin günlük 25.000-35.000 paket suşi ürettiği bildirilmiştir. Bu üretimde işleme şekline göre raf ömrü 3 gün ile 7 gün olan iki tip paketlenmiş suşi üretildiği belirtilmektedir (Steffen ve ark.,

2010). Raf ömrü çalışmalarının az olmasının yanı sıra daha çok suşinin mikrobiyolojik kalitesinin araştırıldığı çalışmalara rastlanmıştır (Muscolino ve ark., 2014; Leisner ve ark., 2014; Migueis ve ark., 2015; Lorentzen ve ark., 2012; Skjerdal ve ark., 2014; Hoel ve ark., 2015).

Çeşitli balık ve kabuklu türlerinden elde edildiğinden dolayı yüksek oranda omega-3 içeren suşinin kan basıncını düşürdüğü, vücuttaki kötü kolesterolü azalttığı, hormon dengesi sağladığı, metabolizmayı hızlandırdığı, sindirime yardımcı olduğu ve kemikleri ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği belirtilmektedir (Anonim, 2016a). Ayrıca yapımında kullanılan deniz yosununun (nori) yüksek miktarlarda kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, iyot ve sodyum ile A, B1, C ve E vitaminlerini içerdiği, kanserle savaşmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Anonim, 1996).

Suşinin besinsel değeri ve sağlığa faydalarının yanı sıra cıva zehirlenmesi ve biyolojik kontaminantlar gibi ciddi sağlık tehlikeleri de olabilmektedir. Suşi tüketicilerinin çoğunlukla balıkla ilişkili olan biyolojik kontaminantlarla ilgili olarak bilinçli olması gerekmektedir. FDA'nın Gıda Kanunu görünüşte katı bir dondurma yönetmeliğine sahip olmasına rağmen gerçek uygulamalarda deniz mahsülleri tesisleri ve suşi restoranları sıklıkla teftiş ve denetlemeye tabi tutulmalıdır (Feng, 2012).

Ülkemizde suşi son 15 yıldır popüler bir yiyecek olmaya başlamıştır ve büyük bir kitle tarafından benimsenmiştir. Restoranlar haricinde suşi, paket servisler şeklinde evlere sipariş edilebilmektedir. Ayrıca evinde suşi yapanların sayısının arttığı da bildirilmektedir (Anonim, 2011; Anonim, 2016b). Bu çalışmada yengeç surimi, istakoz surimi ve füme somon ile hazırlanmış makizuşinin 4 ±1°C'de duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi araştırılmış ve raf ömrü belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada materyal olarak ticari bir firmadan temin edilen füme Norveç somonu (Alfarm, Norveç) yengeç surimi (RedTiger Alimar, Türkiye) ve istakoz surimi (RedTiger Alimar, Türkiye) kullanılmıştır. Füme Norveç somonu firmadan kuru buz kullanılarak soğuk zincir ile transfer edilmiştir. Somon örneklerindeki çeşitli parazitler ve zararlı mikroorganizmalar gibi muhtemel riskleri önlemek için -22°C'de 7 gün depolanmıştır (FDA,

2011). Daha sonra $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de çözdürülerek kullanılmıştır. Vakumlu surimi örnekleri ise 4°C 'de depolanmışlardır. Suşi için kullanılan malzemelerden suşi pirinci (Okomesan, 1kg) ve kurutulmuş suşi yosunu (Kaitatuya Suşi Nori- Purple, 50 yaprak) vakum paketli olarak temin edilmiştir.

Suşi pirinci, pirinç- su oranı $\frac{1}{2}$ olacak şekilde 15 dk haşlanmış ve soğumaya bırakılmıştır. Tuz ve şeker pirinç sirkesi (Amoy, Hong Kong) ile karıştırılarak eritilmiş ve daha sonra soğuyan pirince ilave edilerek homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Her bir grup için toplamda 14.3g tuz, 13.45g şeker ve 200 mL pirinç sirkesi kullanılmıştır. Suşilerden füme somon, yengeç surimi ve istakoz surimi kullanılarak üç grup oluşturulmuştur. Füme somon şeritler halinde dilimlenerek, surimiler ise bütün olarak kullanılmıştır. Kurutulmuş suşi yosunu suşi sarma hasırının üzerine serilmiş ve haşlanmış pirinçler ince bir tabaka halinde yosun üzerine yayılmıştır. Her grup için pirinç üzerine somon veya surimi yerleştirildikten sonra hasır yardımıyla suşi ruloları yapılmıştır. Rulolar yaklaşık 2cm genişliğinde kesildikten sonra hazır yemek kapatma makinesinde (Cliopack/Clio06, Germany), 30 μ kalınlık, 2.5 g/m²/gün geçirgenlik ve 85-140°C ısı yapışma sıcaklığına sahip şeffaf koex film (BOPP film) ile paketlenmiştir (Polibak, İzmir). Bir paket suşi içerisinde ortalama 29.04 \pm 0.17 g füme somon, 47.20 \pm 0.25 g yengeç surimi ve 45.16 \pm 1.06 g istakoz surimi kullanılmıştır. Tüm gruplarda 1 paket içeriğinin toplam ağırlığı 128 \pm 2.20 g olarak ölçülmüştür.

Analizler için suşiler blendırda bütün olarak yaklaşık 5 dk homojenize edilmiştir. Protein analizi Kjeldahl yöntemine (AOAC, 1980) göre, ham yağ tayini Bligh ve Dyer (1959)'a göre yapılmıştır. Kül tayini ve nem analizi sırasıyla; AOAC (1984), Ludorf ve Meyer (1973) metotları esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Protein analizi 2 tekerrür 3 paralel, yağ, nem ve kül analizleri ise 2 paralel olarak çalışılmıştır.

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) analizi Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lücke-

Geidel metoduna göre yapılmış ve sonuçlar mg/100g olarak verilmiştir (Varlık ve ark., 1993; İnal, 1992). pH analizi için 2 g örnek tartılmış ve 20 mL saf su ile homojenize edildikten sonra pH metre (pH 3110 SET 2, Germany) ile ölçülmüştür (Curran ve ark., 1980). Su aktivitesi ölçümleri Novasina/ LabSwift ve renk ölçümleri ise Konica Minolta/CR-A33a marka cihaz ile ölçülmüştür. Duyusal analizler için 5 kişilik (bayan, 27-35 yaş) panelist grup oluşturulmuş ve örnekleri 1-10 puan arasında değerlendirilmeleri istenmiştir. Görünüş, koku, tat ve tekstür üzerine yapılan puanlamalarda 4 puan altı 'tüketilemez' kabul edilmiştir (Plank, 1948).

Mikrobiyolojik analizlerde toplam mezofilik aerobik, toplam psikrofilik aerobik, toplam maya ve küf, toplam koliform bakteri ile *E. coli* analizi gerçekleştirilmiştir. Toplam mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteri için Plate Count Agar dökme plak yöntemine göre uygulanmış ve sırasıyla 28°C 'de 3 gün ve $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 10 gün inkübe edilmiştir. Toplam maya ve küf için Potato Dekstoz agar kullanılarak, mezofilik aerobik bakteriler ile aynı şekilde analizler gerçekleştirilmiştir (Gökten, 1990). Koliform bakteriler için Violet Red Bile Agar besiyeri yayma plak yöntemine göre ekilmiş ve 35°C 'de 24 saat inkübasyon sağlanmıştır (Gökalp ve ark., 1999). *E. coli* için VRBA'daki tipik koloniler seçilerek Tryptone Water agar tüplerine ekim yapılmış 35°C 'de 24 saat inkübe edildikten sonra indol testi (Kovacsindol reaktifi, Merck) uygulanmıştır (Thatcher ve Clark, 1973; Mukan ve Evliya, 2002). Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi Minitab 15 istatistik paket programında yapılmıştır. Analizde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Önemlilik derecesi $p < 0.05$ olarak alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Yengeç surimi, istakoz surimi ve füme somon ile yapılan suşilere ait protein, yağ, nem ve kül değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Suşinin besin değeri ile ilgili literatürde herhangi bir bilimsel kaynağa rastlanılmamıştır.

Tablo 1. Yengeç surimi, istakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin biyokimyasal bileşimleri (%)**Table 1.** The biochemical components of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon

	Yengeç surimi	İstakoz surimi	Füme somon
Protein (%)	3.43 ±0.00 ^a	3.73 ±0.04 ^{ab}	4.26 ±0.13 ^b
Yağ (%)	0.10 ±0.01 ^a	0.11 ±0.00 ^a	0.38 ±0.00 ^b
Nem (%)	56.35 ±2.55 ^a	49.57 ±2.82 ^a	56.33 ±8.17 ^a
Kül (%)	1.15 ±0.00 ^b	1.25 ±0.00 ^c	0.93 ±0.01 ^a

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05). ±std hata.

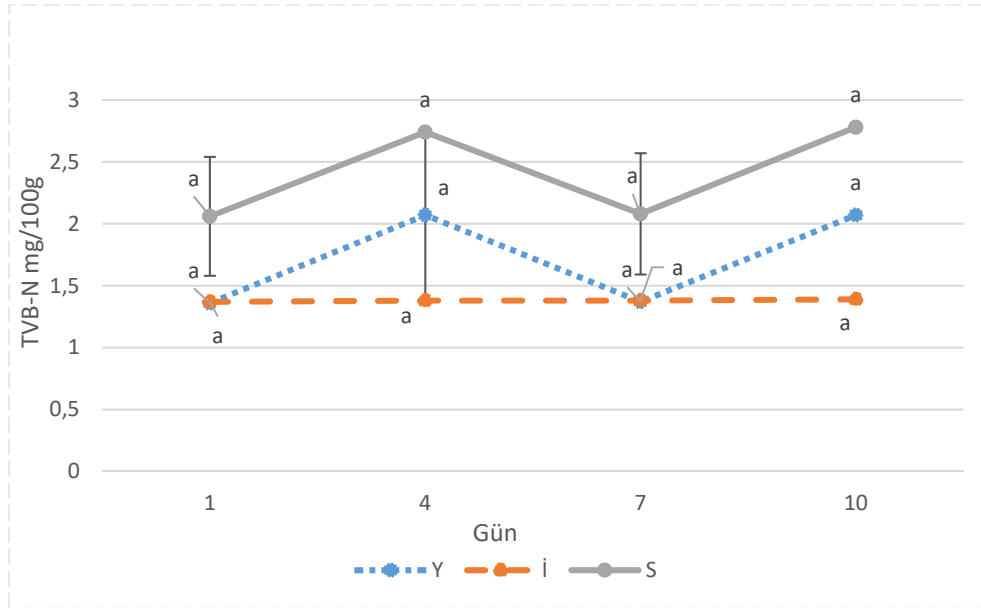
Çalışmamızda füme somon ile yapılan suşinin protein değeri %4.26 olarak yengeç ve istakoz surimi örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Bunun nedeninin ticari olarak temin edilen suriminin yapımı sırasında suda çözünür proteinlerin kaybolmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Yengeç ve istakoz surimiden yapılan suşi örneklerinin yağ miktarları oldukça düşük ve birbirine yakın bulunmuştur (p>0.05). Füme somondan yapılan suşinin yağ oranı %0.38 olarak tespit edilmiştir. Yengeç, istakoz surimi ve füme somondan yapılan suşilerin nem değerleri sırasıyla; %56.35, %49.57 ve %56.33 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde kül değerleri sırasıyla; %1.15, % 1.25 ve % 0.93 olarak belirlenmiştir.

Ürünlere ait TVB-N değerleri Şekil 1’de verilmiştir. TVB-N değeri her üç grup suşide de 10 günlük depolama süresi boyunca sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır. Depolamanın ilk günü yengeç surimili suşide 1.36 mg/100g, istakoz surimili suşide 1.37 mg/100g ve füme somonlu suşide 2.06 olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada suşi ve saşimi yapmak için kullanılan somon balığının TVB-N değerleri araştırılmıştır. Buna göre bu değerlerin 9.53 mg/100g ve 10.71 mg/100g olduğu bildirilmiştir (Rodrigues ve ark., 2012). Bir başka çalışmada tüketime hazır somon saşimiye ait TVB-N değeri 18.24 mg/100 g olarak belirtilmiştir (Migueis ve ark., 2015). Çalışmamızda TVB-N değerlerinin düşük olmasının nedeninin suşinin içerisinde bulunan balık ve surimi miktarının ürünün tamamına kıyasla az olması ile ilgili olduğu ve oransal olarak ürünün TVB-N içeriğini fazla etkilemediği düşünülmektedir.

Depolama süresince tespit edilen pH değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Depolamanın ilk gününde yengeç surimi, istakoz surimi ve füme somondan

yapılan suşinin pH değerleri sırasıyla; 5.33, 5.56 ve 5.31 olarak ölçülmüştür. Bu değerler depolama süresince azalmış ve depolamanın son günü olan 10. günde sırasıyla; 4.49, 4.39 ve 4.74 değerlerine düşmüştür. pH değerinin taze balık eti için 6.0-6.5 arasında, tüketilebilirlik sınır değerinin ise 6.8-7.0 arasında olmasına rağmen, bu değerlerin depolama süresine bağlı olarak yavaş yavaş yükseldiği ve kesin bir kriter olmadığı bildirilmiştir (Varlık ve ark., 1993). Ayrıca balık ürünlerinin pH değerinin farklı içeriklerle birleştiğinde değişiklik gösterebileceği belirtilmektedir (Metin ve ark., 2000; Mol, 2005; Mol ve ark., 2014). Çalışmamızda pH değerleri 5.56 ile 4.36 arasında değişmiştir. Suşi yapımında kullanılan pirinç ve sirkenin de pH değerinin düşmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Aynı şekilde Mol ve ark. (2014) yaptıkları suşi çalışmasındaki pH değerlerinin 5.2-5.7 arasında değiştiğini ve bunun nedeninin pirinç ve sirke kullanımını ile ilgili olarak pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada tüketime hazır suşi hazırlanırken buharda pişirilmiş pirincin pH değerinin sirke kullanılarak 4.5-4.9’a ayarlandığı bildirilmektedir (Chen ve ark., 2003). İdeal olarak gıda güvenliği açısından suşinin asitlik (pH) derecesi 4.6 ve aşağısı olarak kabul edilmektedir (NSW, 2008).

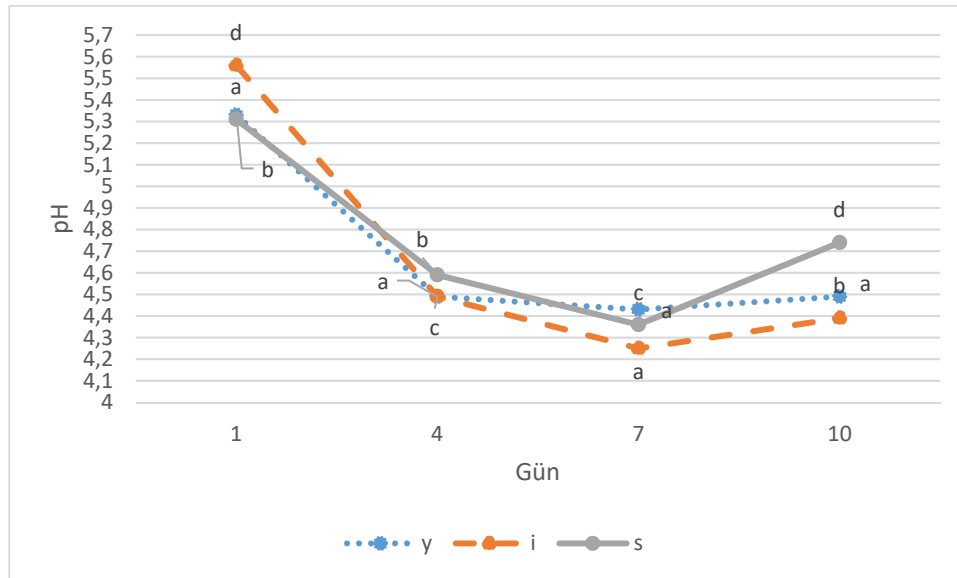
Çalışmada kullanılan her üç gruba ait su aktivitesi (aw) değerleri Şekil 3’te gösterilmiştir. Depolamanın ilk günü yengeç surimiden yapılan suşinin aw değeri 0.963, istakoz surimiden yapılan suşinin aw değeri 0.958 ve füme somondan yapılan suşinin aw değeri ise 0.969 olarak ölçülmüştür. Bu değerler depolama sonunda sırasıyla; 0.967, 0.965 ve 0.973 olarak belirlenmiştir. İstakoz surimili suşilerin aw değeri, nem değerleriyle paralel olarak diğer iki gruba göre daha düşük bulunmuştur.



Y: Yengeç surimili suşi **İ:** İstakoz surimili suşi **S:** Somon (Füme) suşi

Şekil 1. Yengeç surimi, İstakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin TVB-N (mg/100g) değerleri. a,b: Grafikte düşey çubuklar arasında farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$). \top : std hata.

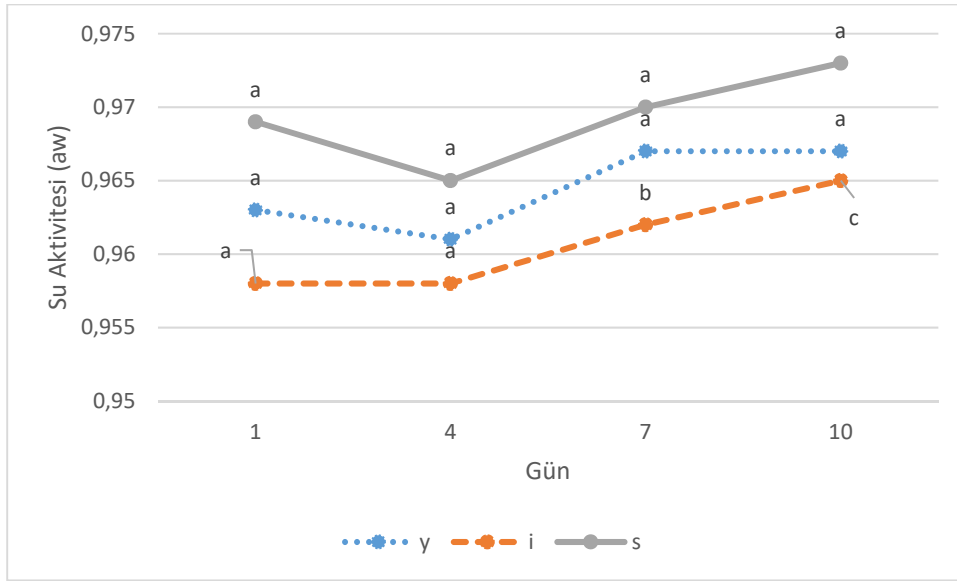
Figure 1. The TVB-N values of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon (mg/100g). a,b: The different letters beside the vertical bars in graph indicate the values are significant ($p < 0.05$). \top : std error.



Y: Yengeç surimili suşi **İ:** İstakoz surimili suşi **S:** Somon (Füme) suşi

Şekil 2. Yengeç surimi, İstakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin pH değerleri. a,b: Grafikte düşey çubuklar arasında farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$). \top : std hata.

Figure 2. The pH values of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon. The different letters beside the vertical bars in graph indicate the values are significant ($p < 0.05$). \top : std error.



Y: Yengeç surimili suşi **İ:** İstakoz surimili suşi **S:** Somon (Füme) suşi

Şekil 3. Yengeç surimi, İstakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin su aktivitesi (aw) değerleri. a,b= Grafikte düzey çubukları arasında farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$). \pm : std hata.

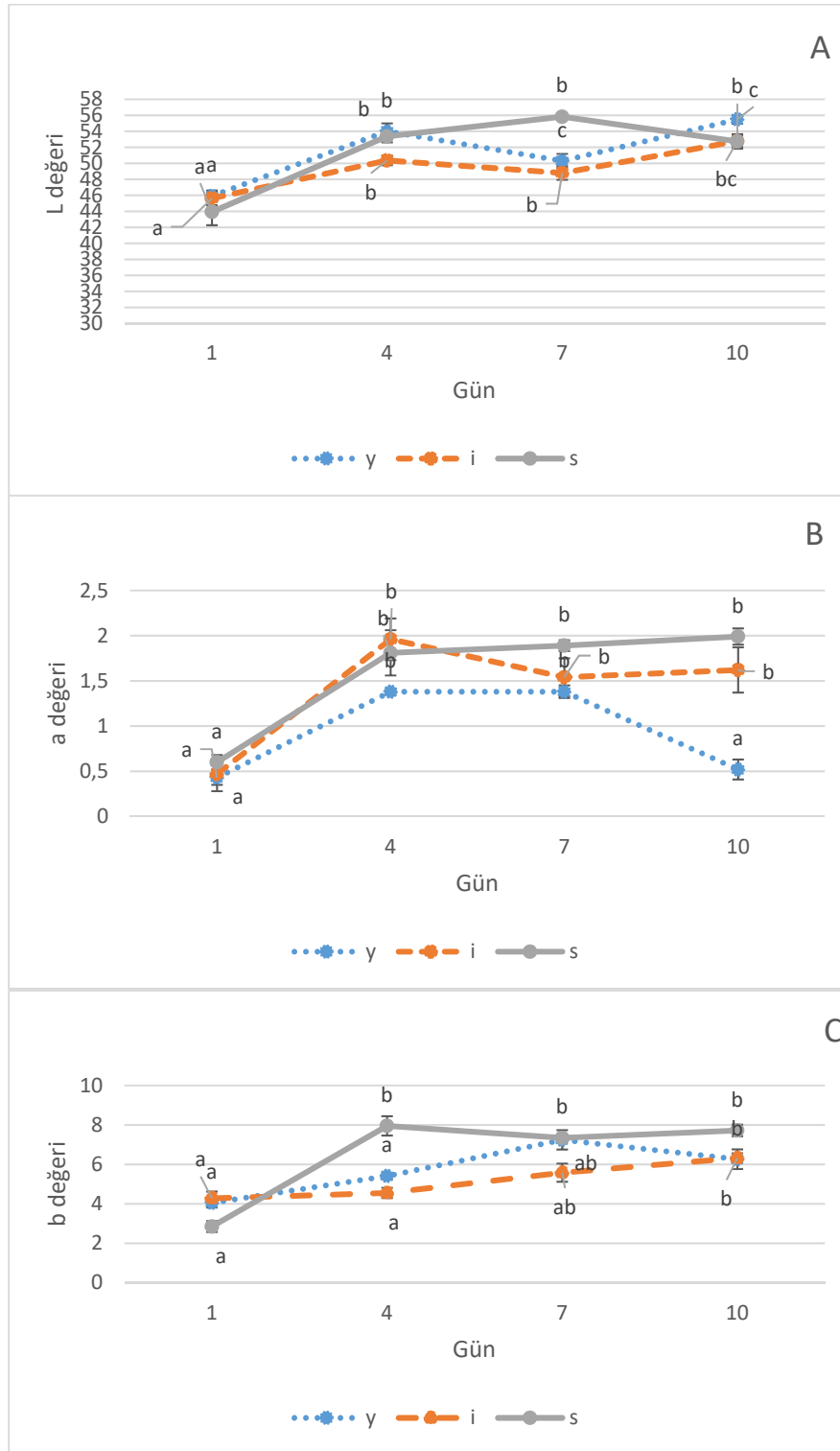
Figure 3. The water activity (aw) values of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon. The different letters beside the vertical bars in graph indicate the values are significant ($p < 0.05$). \pm : std error.

Su aktivitesi balığın bozulması ve farklı mikroorganizmaların gelişiminde su aktivitesinin miktarına bağlı olarak önemli rol oynamaktadır. Su aktivitesi 0.6 'da bakteri ve küflerin gelişimi önlenmektedir (Abbas ve ark., 2009). Ancak yapılan bir çalışmada suşi pirincinin su aktivitesi 0.962 olarak bulunmuştur (Leung, 2006). Lee ve Heacock (2014) bu sonuca göre suşi pirincinin mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmede su aktivitesinin önemli bir rol oynamadığını belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada fermente pirinç ve tuzlanmış balığın su aktiviteleri ayrı ayrı ölçülmüş ve pirincin su aktivitesi 0.88, balığın su aktivitesi ise 0.90 olarak bildirilmiştir (Kuda ve ark., 2009). Avustralya'da suşilerin kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada pirinç örneklerinin su aktivitesi değerlerinin 0.95 ile 1.00 arasında değiştiği belirtilmektedir (NSW, 2008). İncelenen çalışmalarda pirinç ve balık için su aktiviteleri ayrı ayrı verilmiş olsa

da su aktivite değerlerinin çalışmamızdaki suşilere ait değerler ile paralellik gösterdiği söylenebilir.

Şekil 4'de yengeç ve istakoz surimili suşiler ile somon fümeden yapılan suşilere ait renk değerleri verilmiştir. Buna göre, L^* değerleri tüm gruplarda 43.94-55.82, a^* değerleri 0.43- 1.99 ve b^* değerleri 2.85- 7.95 arasında değişmiştir. İstatistiksel olarak her üç gruba ait örneklerde depolama süresince günler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çalışmamızda elde edilen L^* değerleri Mol ve ark. (2014) benzerlik gösterirken, a^* ve b^* değerleri daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeninin çalışmamızda renk değerlerinin homojenize örnekten yapılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Literatürde suşilerin homojenize edildikten sonra renk değerlerinin ölçüldüğü bir çalışmaya rastlanmamıştır.



Y: Yengeç surimili suşi **İ:** İstakoz surimili suşi **S:** Somon (Füme) suşi

Şekil 4 (A, B, C). Yengeç surimi, İstakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin renk (L,a,b) değerleri. a,b= Grafikte düşey çubuklar arasında farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$). \uparrow : std hata.

Figure 4 (A, B, C). The color values (L,a,b) of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon. The different letters beside the vertical bars in graph indicate the values are significant ($p < 0.05$). \uparrow : std error.

Yengeç ve istakoz surimili şüşü ile füme somondan yapılan suşilere ait duyu analizi tablo 2’de verilmiştir. Depolamanın 1. gününde görünüş, tat ve tekstür açısından en yüksek puanlarla değerlendirilen grup yengeç surimiden yapılan suşi olarak belirlenmiştir. Genel olarak koku puanları füme somonlu suşi grubunda diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Depolamanın son günü olan 10. günde tüm gruplarda puanlar tüketilebilirlik sınırı değerinin altında tespit edilmiştir. Panelistler ürünü tüketmeyi reddettiğinden 10. gün tat puanları değerlendirilmemiştir. Çalışmamızda 3 günde bir yapılan analizler sebebiyle duyu açıdan bozulma zamanı 10. gün olarak belirlenmiştir. Ancak puanlamalar dikkate alındığında hijyen kurallarına dikkat edilerek yapılmış suşilerin buzdolabı koşullarında ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) 7. günden sonra tüketilmemesi tavsiye edilebilir.

Mol ve ark. (2014) modifiye atmosfer kullanarak paketlenen suşilerin genel duyu puanlarını depolamanın 2. günde kontrol grubunda 4.96, %50 N_2 /%50 CO_2 oranlarında modifiye atmosferle paketlenen grupta 5.23 ve %100 CO_2 ile paketlenen grupta ise 6.04 olarak bildirmişlerdir. Depolamanın 2. gününde kontrol grubu bozulmuş görünürken, 3. gününde ise modifiye atmosferli her iki grup duyu açıdan bozulmuş olarak belirtilmiştir. Ancak farklı modifiye atmosfer gazları kullanılarak, üstün hijyen ve dezenfeksiyon kuralları ile

yapılan bir başka çalışmada suşinin raf ömrü 7 gün olarak belirtilmiştir. Aynı çalışmada modifiye atmosfer uygulanmaksızın paketlenen suşilerin raf ömrü ise 3 gün olarak bildirilmiştir (Steffen ve ark., 2010). Bir başka kaynakta suşi türlerinin raf ömrünün buzdolabında depolamada (4°C) 3 gün olduğu ifade edilmiştir (Çaklı, 2008). Çalışmamızda hijyen kurallarına dikkat edilerek yapılan, hazır yemek paketlenme makinesinde paketlenen ve $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ’de depolanan suşilerin duyu raf ömrü 7 gün olarak belirlenmiştir. Diğer çalışmalara göre raf ömrünün farklı çıkmasının suşilerin yapımında kullanılan surimilerin çeşitli koruyucu maddeler içermesi (tuz, sorbitol, sodyum polifosfat) ve somon balığının ise füme işleme tabi tutulmuş olması ve tuz gibi koruyucular içermesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Çiğ balık temelli yemeklerin tüketiminin artmasıyla gıda güvenliği endişeleri de buna eşlik etmektedir. Suşinin çeşitli bileşenlerden oluşması onu hijyenik ve teknolojik olarak zor bir ürün haline getirmektedir. İşleme sırasında (fileto çıkarma, dilimleme) kontamine olmuş çiğ balık bakteri gelişimi için mükemmel bir ortamdır. Suşinin hazırlanmasında çoğunlukla el kullanılır. Çıplak el teması en büyük gıda güvenliği endişesidir çünkü suşiyi yapan kişiden kontaminasyon riski taşımaktadır (Hoel ve ark., 2015).

Tablo 2. Yengeç surimi, istakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin duyu analizi sonuçları

Table 2. The sensory analysis results of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon

		1.gün	4.gün	7.gün	10.gün
Görünüş	Y	9.1±0.35 ^{Aa}	7.5±0.24 ^{Ba}	5.5±0.14 ^{Ca}	3.2±0.22 ^{Da}
	İ	8.7±0.48 ^{Aa}	7.2±0.22 ^{Ba}	5.4±0.16 ^{Ca}	2.9±0.16 ^{Da}
	S	8±0.54 ^{Aa}	6.4±0.29 ^{Ba}	6±0.24 ^a	2.5±0.14 ^{Ca}
Koku	Y	10±0.00 ^{Aa}	6.4±0.16 ^{Bb}	5.8±0.10 ^{Ca}	3.2±0.10 ^{Db}
	İ	10±0.35 ^{Aa}	5.7±0.10 ^{Bc}	5.2±0.10 ^{Ba}	1.7±0.22 ^{Cb}
	S	10±0.35 ^{Aa}	7.8±0.10 ^{Ba}	5.8±0.22 ^{Ca}	3.7±0.22 ^{Da}
Tat	Y	9.2±0.33 ^{Aa}	7.1±1.42 ^{Bab}	6.2±0.11 ^{Cb}	*
	İ	8.9±0.35 ^{Aa}	6.1±0.16 ^{Bb}	5.3±0.10 ^{Ba}	*
	S	9±0.50 ^{Aa}	6.4±0.16 ^{Ba}	5.3±0.10 ^{Ba}	*
Tekstür	Y	10±0.00 ^{Aa}	7.4±0.16 ^{Ba}	6.1±0.26 ^{Ca}	3.4±0.16 ^{Db}
	İ	9.6±0.35 ^{Aa}	7.2±0.22 ^{Ba}	5.3±0.10 ^{Ca}	2.4±0.14 ^{Db}
	S	9.1±0.49 ^{Aa}	7.4±0.16 ^{Ba}	6.5±0.14 ^{Ba}	3.4±0.16 ^{Ca}

Y: Yengeç surimili suşi İ: İstakoz surimili suşi S: Somon (Füme) suşi

* (→) A, B, C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen günler arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$)

* (↓) a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen grup ortalamaları arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$). ± std hata.

Tablo 3. Yengeç surimi, istakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin toplam mezofilik aerobik ve psikrofil aerobik bakteri sonuçları**Table 3.** The total mesophilic aerobic and psychrophile aerobic bacteria results of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon

Gün	TMAB (log kob/g)			TPAB (log kob/g)		
	Y	İ	S	Y	İ	S
1	3.26 ±0.03 ^b log kob/g	2.61 ±0.03 ^a log kob/g	2.84 ±0.03 ^a log kob/g	<10 kob	<10 kob	<10 kob
4	4.22 ±0.01 ^c log kob/g	3.95 ±0.00 ^b log kob/g	2.93 ±0.01 ^a log kob/g	<10 kob	<10 kob	2.53 ±0.00 log kob/g
7	4.25 ±0.00 ^a log kob/g	<10 kob	4.41 ±0.03 ^a log kob/g	<10 kob	<10 kob	4.24 ±0.01 log kob/g
10	4.44 ±0.00 ^a log kob/g	<10 kob	5.44 ±0.01 ^b log kob/g	3.98±0.09 ^a log kob/g	<10 kob	5.39 ±0.02 ^b log kob/g

Y: Yengeç surimili suşi İ: İstakoz surimili suşi S: Somon (Füme) suşi

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05),± std hata.

TMAB: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri, TPAB: Toplam Psikrofil Aerobik Bakteri

Tablo 4. Yengeç surimi, istakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılmış suşinin toplam maya-küf, toplam koliform ve *E.coli* sonuçları**Table 4.** The total yeast-mold, total coliform and *E. coli* results of sushi produced with crab surimi, lobster surimi and smoked Norway salmon

Gün	TMK			TK			<i>E. coli</i>		
	Y	İ	S	Y	İ	S	Y	İ	S
1	<10 kob	<10 kob	2.52 ±0.00 log kob/g	<10 kob	<10 kob	<10 kob	-	-	-
4	4.02 ±0.00 ^c log kob/g	3.21 ±0.01 ^b log kob/g	2.57 ±0.01 ^a log kob/g	3.36 ±0.06 ^a log kob/g	3 ±0.17 ^a log kob/g	<10 kob	-	-	-
7	<10 kob	<10 kob	4.35 ±0.02	<10 kob	<10 kob	3.52 ±0.01	-	-	-
10	3.81 ±0.36 ^a log kob/g	<10 kob	5.44 ±0.01 ^a log kob/g	<10 kob	<10 kob	<10 kob	-	-	-

Y: Yengeç surimili suşi İ: İstakoz surimili suşi S: Somon (Füme) suşi

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05),± std hata.

TMK: Toplam Maya-Küf, TK: Toplam Koliform, (-): Rastlanmadı.

Çalışmada elde edilen toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam psikrofil aerobik bakteri sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir. Yengeç surimili ve füme somon suşi gruplarında toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları sınır değer olan 6 log cfu/g değerini aşmamıştır. Depolamanın 7. ve 10. günlerinde istakoz surimili grupta toplam mezofilik bakteri tespit edilmemiştir. Aynı şekilde istakoz surimili grupta depolama süresi boyunca toplam psikrofil aerobik bakteriye rastlanmamıştır.

Toplam maya-küf, toplam koliform bakteri ve *E. coli*'ye ait değerler Tablo 4'de gösterilmiştir. De-

polama süresince toplam maya- küf ve toplam koliform bakteriler tüketilebilirlik sınır değerler içerisinde kalmıştır. *E. coli* ise tespit edilmemiştir.

Mikroorganizmaların gelişimini ve aktivitesini belirleyen önemli faktörlerden biri pH' dır. Bazı mikroorganizmalar pH=4.0' ün altında gelişmekle birlikte büyük bir kısmı en iyi pH=7.0 (6.6-7.5) civarında gelişmektedir (Ayhan, 2000). Yapılan mikrobiyolojik analizlerde üreme görülmeyen günlerde pH değerinin genellikle 4.50' nin altında olduğu görülmüştür. Toplam mezofilik aerobik, toplam psikrofil aerobik, maya ve küf ile toplam ko-

liform bakterilerinin gelişiminin üreme görülme-yen günlerde asitlik değerinin artmasıyla baskılan-dığı düşünülmektedir.

Lorentzen ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada ni-girizuşide *Listeria monocytogenes* gelişimini in-celemişlerdir. Kullanılan suşi pirincinin pH değ-e-rinin 4.23 olduğunu ve nigirizuşide balık etindeki pH değerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Sonuç olarak, suşi pirincinin balık etindeki pH değerini düşürmesiyle nigirizuşideki mikroorganizmaların yaşama yeteneğinin azalmasına sebep olduğuna inandıklarını bildirmişlerdir. Aynı kaynakta ayrıca düşük pH nedeniyle asidik pirincin mikrobiyolojik gelişme için iyi bir substrat olmadığı ancak fer-mente karbonhidratları içerdiğinden dolayı laktik asit bakterilerinin gelişimini teşvik edebildiği bil-dirilmiştir (Lorentzen ve ark., 2012; Hoel ve ark., 2015).

Sonuç

Bu çalışmada yengeç surimi, istakoz surimi ve füme Norveç somonundan yapılan suşilerin duyu-sal özellikleri ile besin kompozisyonu, TVB-N de-ğeri, pH, su aktivitesi, renk ve mikrobiyolojik ka-litesi incelenmiştir. Sonuç olarak; TVB-N, su ak-tivitesi ve renk değerlerinin suşinin raf ömründe önemli belirleyiciler olmadığı ancak pH değerinin mikrobiyolojik kaliteyi etkilemesinden dolayı suşi için önemli bir kalite parametresi olduğu söylen-bilir. Çalışmada $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de yengeç surimi, istakoz surimi ve füme somondan yapılan suşilerin duyu-sal olarak raf ömrü 7 gün olarak tespit edilmiştir.

Kaynaklar

Abbas, K.A., Saleh, A.M., Mohamed, A. & Lase-kan, O. (2009). The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review. *Journal of Food, Agricul-ture & Environment*, 7 (3-4), 86-90.

Anonim (1996). Sundance natural foods online, Neptune's Garden: Vegetables of the sea, (1996, 23 Mayıs). [http://mem-bers.efn.org/~sundance/Seaweed.html](http://members.efn.org/~sundance/Seaweed.html) (erişim tarihi:20.04.2016).

Anonim (2011). <http://www.gurmereh-beri.com/yemek-kulturu/gurmelerden/turki-yede-en-cok-sevilen-susi-california-roll/> (erişim tarihi: 14.04.2016).

Anonim (2016a). <https://www.organic-facts.net/health-benefits/other/sushi.html> (erişim tarihi:10.04.2016).

Anonim (2016b). <http://www.kikko-man.com.tr/tueketici/kikkoman-duenyasi/il-ham-k/japon-klasigi-susi/> (Erişim Tarihi: 10.03.2016).

Anonim (2016). *The way of sushi*. <http://www.fal-lenone.net/history1.html> (erişim tarihi: 14.04.16).

AOAC (1980). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chem-ists, in Horwitz W (Ed.), 13th Edition, p. 125, Washington DC.

AOAC (1984). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chem-ists. 14th edition. Washington, DC. ISBN 10: 0935584242

Atanassova, V., Reich, F. & Klein, G. (2008). Microbiological quality of sushi from sushi bars and retailers. *Journal of Food Protec-tion*, 71, 860-864.

Ayhan, K. (2000). Gıdalarda mikroorganizma ge-lişmesini etkileyen faktörler. In Akçelik M., Ayhan K., Çakır İ., Doğan H.B., Gürgün V., Halkman A.K., Kaleli D., Kuleşan H., Özkaya D.F., Tunail N., Tükel Ç. (Ed.), Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendis-liği Bölümü Yayını. Sim Matbaası, 522 s. Ankara.

Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Ca-nadian Journal of Biochemistry and Physio-logy*, 37, 911-917.

Burger, J., Gochfeld, M., Jeitnera, C., Donio, M. & Pittfielda, T. (2014). Sushi consumption rates and mercury levels in sushi: ethnic and demographic differences in exposure. *Jour-nal of Risk Research*, 17(8), 981-997.

Chen, S.C., Lin, C.A., Fu, A.H. & Chuo, Y.W. (2003). Inhibition of Microbial Growth in Ready-to-eat Food Stored at Ambient Tem-perature by Modified Atmosphere Packag-ing, *Packaging Technology and Science*, 16, 239-247.

Corson, T. (2007). *The Zen of Fish: The Story of Sushi, from Samuraito Supermarket*. New York: Harper Collins. ISBN 13: 9780060883508

Curran, C.A., Nicoladies, L., Poulter, R.G. & Pors, J. (1980). Splipidage of fish from Hong Kong

- at different storage temperatures. *Trop. Sci.*, 22, 367-382.
- Çaklı, Ş. (2008). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 2 (Alternatif Su Ürünleri İşleme Teknolojileri), Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:77. Bornova-İzmir. ISBN 978-975-483-762-9
- Feng, C.H. (2012). The Tale of Sushi: History and Regulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 205-220.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö. & Tülek, Y. (1999). Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 318, Erzurum, Ders Kitabı, 69s.
- Gökten, D. (1990). Gıdaların Mikrobiyal Ekolojisi. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayın No: 21, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 292s. ISBN 975-483-055-X
- Hoel, S., Mehli, L., Bruheim, T., Vadstein, O. & Jakobsen., A.N. (2015). Assessment of Microbiological Quality of Retail Fresh Sushi from Selected Sources in Norway. *Journal of Food Protection*, 78, 5, 977-982.
- İnal, T. (1992). Besin Hijyeni Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. 2. Baskı, final ofset A.Ş. İstanbul, 783s.
- Kuda, T., Tanibe, R., Mori, M., Take, H., Michihata, T., Yano, T., Takahashi, H. & Kimura, B. (2009). Microbial and chemical properties of aji-no-susu, a traditional fermented fish with rice product in the Noto Peninsula, Japan. *Fisheries Science*, 75, 1499-1506.
- Lee, C.J., Heacock, H. (2014). Safety and pH Measurements of Sushi Rice in Japanese Restaurants in Burna by BC, Canada. <http://www.nccch.ca/sites/default/files/BCIT-Lee-2014.pdf> (Erişim Tarihi: 19.04.2016)
- Leisner, J., Lund, T.B., Frandsen, E.A., Andersen, N.B.E., Fredslund, L. & Nguyen, V.P.T., Kristiansen, T. (2014). What consumers expect from food control and what they get-A case study of the microbial quality of sushi bars in Denmark. *Food Control*, 45, 76-80.
- Leung, S. (2006). How safe it is to store sushi rice at room temperature? British Columbia Institute of Technology. Unpublished Research Project.
- Lorentzen, G., Wesmajervi Breiland, M.S., Cooper, M. & Herland, H. (2012). Viability of *Listeria monocytogenes* in an experimental model of nigiri sushi of halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) and salmon (*Salmo salar*). *Food Control*, 25, 245-248.
- Ludorff, W. & Meyer, V. (1973). *Fishe und fischerzeuge*, Z. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin.
- Metin, S., Erkan, N. & Varlik, C., Ozden, O., Baygar, T., Kalafatoglu, H., Gun, H. (2000). Influence of modified atmosphere packaging on shelf life of fish-salami, *Fleischwirtschaft International*, 4, 49-51.
- Migueis, S., Santos, C., Saraiva, C. & Esteves, A. (2015). Evaluation of ready to eat sashimi in northern Portugal restaurants. *Food Control*, 47, 32-36.
- Mol, S., (2005). Preparation and shelf life assessment of ready-to-eat fish soup. *European Food Research and Technology*, 220, 305-308.
- Mol, S., Uçok Alakavuk, D. & Ulusoy, S. (2014). Effects of modified atmosphere packaging on some quality attributes of a ready-to-eat salmon sushi. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(2), 394-406.
- Mukan, M. & Evliya, B. (2002). Adana piyasasında tüketime sunulan sade-kaymaklı dondurmaların mikrobiyolojik kalitelerinin tüketici sağlığı açısından değerlendirilmesi. *Gıda*, 27 (6): 489-496.
- Muscolino, D., Giarratana, F., Beninati, C. & Tornabene, A., Panebianco, A., Ziino, G. (2014). Hygienic-sanitary evaluation of sushi and sashimi sold in Messina and Catania, Italy. *Italian Journal of Food Safety*, 3, 1701.
- NSW (New South Wales) Food Authority. (2008, Temmuz). Report on food handling practices and microbiological quality of sushi in Australia. <http://www.foodstandards.gov.au/publications/Pages/reportonfoodhandling4154.aspx> (Erişim Tarihi: 21.04.2016).
- Plank, R.P. (1948). A rational method for grading food quality. *Food Technology*, 2: 241-251.

- Rodrigues, B.L., Santos, L.R., Mársico, E.T., Camarinha, C.C., Mano, S.B. & Junior, C.A.C. (2012). Physical-chemical quality of fish used for making sushi and sashimi tuna and salmon marketed in Rio de Janeiro, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(5), 1847-1854.
- Simpson, R., Carevic, E., Pinto, M. & Cortes, C. (2008). Development of Frozen Sushi: Optimization and Shelf Life Simulation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 681-696.
- Skjerdal, T., Reitehaug, E. & Eckner, K. (2014). Development of performance objectives for *Listeria monocytogenes* contaminated salmon (*Salmo salar*) intended used as sushi and sashimi based on analyses of naturally contaminated samples. *International Journal of Food Microbiology*, 184, 8-13.
- Steffen, H., Duerst, M. & Rice, R.G. (2010). User experiences with ozone, electrolytic water (active water) and UV-C light (Ventafresh Technology) in production processes and for hygiene maintenance in a Swiss sushi factory. *Ozone: Science and Engineering*, 32, 71-78.
- Thatcher, A.J. & Clark, D.S. (1973). Microorganisms in Foods: Their Significance and Methods of Enumeration, Univ.08. Toronto Press, Canada.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. & Gün, H. (1993). Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 17, Ankara, 174 s.

ET ve ET ÜRÜNLERİNDE PROTEİN OKSİDASYONU

Aşlı ZUNGUR BASTIOĞLU¹, Meltem SERDAROĞLU², Berker NACAĞ²

¹ Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova/İzmir, Türkiye

Received: 27.05.2016

Accepted: 19.08.2016

Published online: 25.08.2016

Corresponding author:

Meltem SERDAROĞLU, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova/İzmir, Türkiye

E-mail: Meltem.serdaroglu@ege.edu.tr

Öz:

Et ve et ürünleri bünyesinde barındırdıkları yüksek besleyici bileşenler nedeniyle sağlıklı ve dengeli beslenmede önemli yer tutmaktadır, ancak işleme ve depolama sırasında kalite ve kabul edilebilirliğini sınırlayan önemli değişikliklerden biride lipit ve protein oksidasyonudur. Et ve et ürünlerinde oksidasyon, geri dönüşümü olmayan kimyasal değişimlere neden olarak kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Protein oksidasyonu reaktif oksijen türleri ile gelişen doğrudan reaksiyonlar veya oksidatif stres sonucu oluşan ikincil ürünler ile dolaylı reaksiyonlar nedeniyle proteinlerin yapısındaki değişimler olarak tanımlanabilir. Et ve et ürünlerinde gelişen protein oksidasyonu proteinlerin yapısal özelliklerinde değişimlere neden olarak proteinlerin biyoyararlılığında dolayısıyla besleyici değerinde azalmaya ve ürünlerde arzu edilmeyen kalite problemlerine neden olduğu gibi, potansiyel toksik bileşiklerin oluşumuyla gıda güvenliği açısından da risk oluşturmaktadır. Bu derlemede et ve et ürünlerinde meydana gelen protein oksidasyonu hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Oksidasyon, Protein oksidasyonu, Et ürünleri, Sosis, Et kalitesi

Abstract:

Protein Oxidation in Meat and Meat Products

Meat and meat products are essential components of the diet which supply valuable amounts of the nutrients needed for a healthy, balanced diet. Oxidation of lipid and proteins during storage and processing is recognized as a major cause of limitation of quality and acceptability of the products. Protein oxidation is defined as the modification of a protein structure induced by the direct reactions with reactive oxygen species (ROS) or indirect reactions with secondary products of oxidative stress. Protein oxidation in meat and meat products can change protein structure and these changes can be involved bioavailability, nutritive value and meat quality, besides produce a risk in food security by potential toxic compounds. In this review basic principles of protein oxidation and the implications of protein oxidation in meat and meat products were discussed.

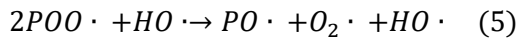
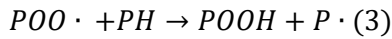
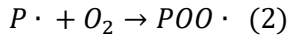
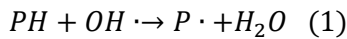
Keywords: Oxidation, Protein oxidation, Meat products, Sausage, Meat quality

Giriş

Protein oksidasyonu genel anlamıyla, OH[·], H₂O₂ gibi reaktif oksijen türleri (ROT) ile doğrudan veya oksidatif stresin ikincil ürünleri ile reaksiyonlar sonucu dolaylı olarak indüklenen, proteinlerin kovalent modifikasyonu olarak tanımlanmaktadır (Shacter, 2000; Gülbahar, 2007). Reaktif oksijen türlerinin oluşumuna neden olan tüm reaksiyonlar ve ajanlar protein oksidasyonuna yol açabilir (Berlett ve Stadtman, 1997).

Kas proteinleri serbest radikal oluşturan sistemlere yakın olması nedeniyle oksidasyona karşı duyarlılık göstermektedir. Proteinlerde meydana gelen oksidatif değişimler lipit oksidasyonunda olduğu gibi zincir reaksiyonları şeklinde belirli bir sırada olmaktadır. Öncelikle reaktif oksijen türleri ile protein ana yapısının reaksiyonu sonucunda yapıda bulunan amino asidin α karbonundan bir H atomunun OH[·]'e bağlanarak ayrılması ve H₂O molekülü oluşturmaya başlar (Stadtman ve Levine, 2003). H atomunun OH[·]'ne bağlanarak ayrılması karbon merkezli radikal oluşumuna neden olur ve oluşan bu radikal, oksijen varlığında hızlıca peroksit radikale dönüşür. Oluşan bu peroksit radikalleri hızlı bir şekilde başka bir molekülden hidrojen atomu alarak protein hidroperoksitlerini ve yeni bir protein radikalini oluştururlar. Oluşan protein hidroperoksit radikallerinin parçalanması ile bazı amino asit kalıntıları karbonil türevine dönüşürler (Şekil 1).

Protein oksidasyonu sırasında meydana gelen reaksiyonlar karbon merkezli radikale oksijenin eklenmesine bağlıdır, ancak oksijen varlığında ilerleyen bu ileri reaksiyonlar HO₂[·] dışında Fe⁺² aracılığında da indüklenebilmektedir.



Şekil 1. Protein oksidasyon reaksiyonları (Neuzil vd. 1993)

Figure 1. Protein oxidation reactions (Neuzil et al., 1993)

Proteinlerin oksidasyonu sonucunda meydana gelen değişimler yeni reaktif türlerin oluşumu, fazla miktarda radikal oluşumu ve zincir reaksiyonu şeklinde ilerleme, protein ya da amino asitlerde çökme, proteinin doğal katlanmasının bozulması

veya konformasyon değişimi, yapısal bozulmaya bağlı işlevsel kayıp, enzim gibi işlevsel proteinlerin sayısının değişmesi, gen düzenlenmesinin ve ifadesinin değişimi, hücre sinyal yollarında modifikasyon, çapraz bağlanmalar, yanlış katlanmalar, hidrofobik yapıda değişiklikler, proteinlerin katalitik aktivitelerinde kayıp ve proteolitik parçalanmaya karşı duyarlılıkta artış olarak sıralanabilir (Zirlin ve Karel, 1969; Neuzil vd., 1993; Stadtman, 1990; Martinaud vd., 1997; Hawkins ve Davies, 2001; Quali 1992). Proteinlerin ROT veya oksidatif stresin ikincil ürünleri ile reaksiyonu, karbonil gruplarına sahip protein türevlerinin oluşumuna neden olabilir (Levine vd., 1990; Meucci vd., 1991, Liu vd., 2000). Bunlara ek olarak proteinlerde yer alan sülfidril gruplarının oksidasyonu ile proteinin kendi içinde ve diğer proteinlerle aralarında çapraz disülfid bağları oluşarak proteinlerin bu şekilde ısı kararlılığında ve çözünürlüklerinde azalmalar olmaktadır. Ayrıca proteinde glutation, sistein veya diğer düşük molekül ağırlıklı merkaptanlarla karışık disülfid bağları oluşturulur (Stadtman, 1990).

Et ve Et Ürünlerinde Protein Oksidasyonu

Kas dokunun önemli bileşeni olan proteinler sağlıklı ve dengeli diyetin önemli bileşenleri olmanın yanı sıra, et ve et ürünlerinde duyuşal ve teknolojik kalite üzerinde önemli etkilere sahiptir (Friedman, 1996). Etin depolanması ve işlenmesi sırasında lipitlerde ve proteinlerde önemli değişiklikler söz konusudur. Oksidasyon, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında gelişen ve kaliteyi olumsuz etkileyen önemli değişikliklerden biridir. Kaslı gıdalarda kalite kaybına neden olan oksidatif zararın daha çok lipit kaynaklı olduğu düşünülerek bu konuda yoğun çalışmalar yapılmıştır. Ancak proteinlerin de lipitler gibi oksidasyon reaksiyonlarında substrat olduğunun anlaşılmasıyla birlikte biyolojik sistemlerde gelişen protein oksidasyonu yaklaşık 50 yıldır çeşitli çalışmalara konu olmuş ve proteinlerde gelişen oksidatif tahribat ile yaşlanmadan kaynaklanan hastalıklar arasındaki ilişki ortaya konulmuştur (Zhang vd., 2013). Gıda proteinlerinde reaktif oksijen kaynaklarıyla gelişen protein oksidasyonu konusundaki çalışmalar ise ilk kez 1990'lı yıllarda başlatılmıştır. Yapılan çalışmalarda proteinlerde oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşan değişiklikler; denatürasyon, proteinlerin doğal dördüncül yapılarındaki kayıp, endojen ve eksojen enzimlerle gerçekleşen hidrolitik parçalanma reaksiyonlarının (proteoliz) sınırlandırılması olarak sıralanabilir.

Etin işlenmesi sırasında soğutma, dondurma, kúrleme ve ısıl işlem gibi uygulamalar proteinlerin fiziko-kimyasal özelliklerini, dolayısıyla amino asitlerin biyoyararlılığını etkileyebilir. Et ve et ürünlerinde depolama ve işleme sırasında protein oksidasyonuna açık koşullar oluştuğu; okside lipitler, metal iyonları ve diğer pro-oksidan ajanların varlığıyla gelişen oksidasyon ile birlikte et kalitesinde de olumsuz değişiklikler olduğu ortaya konulmuştur (Xiong ve Decker, 1995; Estévez vd., 2008).

Miyofibriler proteinlerin oksidasyonu sonucunda elzem amino asit miktarındaki ve proteinlerin sindirebilirliğindeki azalmaya bağlı olarak ürünün besin değerinde kayıplar meydana gelmektedir (Xiong, 2000). Bunlara ek olarak et ve et ürünlerinde protein oksidasyonuna bağlı olarak üründe renk ve tekstür gibi kalite parametrelerinde de istenmeyen değişikliklerin olduğu bulgulanmıştır (Estévez vd., 2005b)

Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonu ve protein oksidasyonunun mekanizması ve reaksiyon yolları farklı olmakla birlikte iki mekanizma birbiriyle ilişkilidir, iki mekanizmada benzer pro-oksidan ve antioksidanlardan etkilenir (Estevez vd., 2008b). Çalışmalar protein oksidasyonunun lipit oksidasyonuna benzer olarak serbest radikal zincir reaksiyonları ile geliştiğini göstermektedir. Protein oksidasyonu oldukça karmaşık bir fenomendir, oksidasyonun yolları ve oksidasyon ürünleri protein oksidasyonunun gerçekleşme şekline göre farklılık gösterir. Protein oksidasyonundaki karmaşıklik ve protein oksidasyon ürünlerinin çeşitliliği, spesifik mekanizmanın belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Proteinlerin üç boyutlu yapıları ve aminoasit kompozisyonları oksidasyona olan eğilimlerini etkilemektedir (Stadtman ve Levine, 2003). Protein oksidasyonu; et türü, yağ miktarı, yağ asidi kompozisyonu, pH, sıcaklık, işleme koşulları, su aktivitesi ve ortamda bulunan katalizör ve inhibitör maddeler gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Estevez, 2011). Isıl işlem ve et ve et ürünlerinde yağ miktarı protein oksidasyonunu teşvik etmektedir, protein oksidasyonu ya doğrudan reaktif oksijen türleri ile başlar ya da dolaylı olarak oksidatif stresin ikincil ürünleri tarafından başlatılır (Estévez, 2011; Traore vd., 2012). Ayrıca uygulanan ısıl işlem, et proteinlerinde biyolojik değerde kayıplara neden olan yapısal değişikliklere ve protein kümelenmesine yol açmakta, sindirim enzimlerinin proteoliz bölgelerini tanıma kabiliyetini azaltarak sindirilebilirliği azaltmaktadır. Taze et

ve et ürünlerinde protein oksidasyonu üzerine literatürde yapılmış olan çalışmalar sırasıyla Tablo 1 ve 2'de derlenmiştir. Yapılan çalışmalardan anlaşılacağı gibi et ve et ürünlerinde meydana gelen protein oksidasyonunun derecesi ürüne uygulanan işlemlere ek olarak ürünün içerdii et türü, yağ kaynağı ve eklenen katkılardan da doğrudan etkilenmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde ürünlerin işlenmesi, depolanma koşulları ve depolama sırasında kullanılan ambalaj materyalinin kas yapıda meydana gelen protein oksidasyonu üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkisi bulunduğu sonucuna varılmıştır. Et ve et ürünlerinin muhafazası için sıkça kullanılan bir yöntem olan dondurma işlemi ve donmuş ürünlerin depolama sıcaklıkları da oksidasyonu etkileyen faktörlerden biridir. Et ve et ürünlerinin dondurulması sırasında oluşan buz kristalleri hücrelerin parçalanmasına neden olmaktadır, ayrıca bünyede var olan suyun bir kısmının donmasıyla donmamış kısımdaki pro-oksidan madde konsantrasyonunun artmasıyla birlikte oksidasyon reaksiyonlarında artış meydana gelmektedir (Utrera vd., 2014; Zartitzky, 2012). Soyer vd. (2010) ve Huang vd. (2013) yaptıkları çalışmalarda -7°C ve -18°C'de depolanan etlerde depolama sıcaklıklarının artmasına bağlı olarak protein oksidasyonu değerlerinde artma tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra, taze jambon ve dondurulup çözündürülmüş jambonların protein oksidasyonu değerlerinin incelendiği bir çalışmada, dondurulmuş jambonların taze jambonlara kıyasla daha yüksek protein oksidasyonu değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Utrera vd., 2012). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, et ve et ürünlerinin raf ömrünün uzatılması amacıyla yapılan dondurarak veya soğukta saklama işlemi oksidasyon açısından incelendiğinde kontrollü koşullar altında yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Depolama sıcaklığı ve üründe gelişen oksidasyon arasında ilişki olduğu yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur. Depolama işleminde olduğu gibi, ısıl işlemin boyutları da üründe proteinlerin oksidasyon oranını etkilemektedir (Sun vd., 2011). Yapılan çalışmalar sonucunda pişirme süresi uzadıkça protein oksidasyonunun yoğunluğunun arttığı saptanmıştır (Sante-Lhoutellier vd., 2008; Roldan vd., 2014). Cava vd., (2009), Fuentes vd., (2010) ve Fuentes vd.,(2013) yaptıkları çalışmalarda yüksek basınç uygulamasının protein oksidasyonu üzerine etkisini incelemişler ve yüksek basınç uygulaması sonucunda protein oksidasyonunda artış meydana geldiği görülmüştür. Do-

muz etlerinin kıyma haline getirilmesi ile daha geniş yüzey alanı elde edilmiş dolayısıyla örneklerin protein oksidasyonu değerlerinde artış gözlenmiştir (Estevez vd., 2011). Aynı çalışmada boyut küçültmenin yanı sıra paketleme materyalinin de protein oksidasyonu üzerine etkisi incelenmiş olup; oksijen geçirgenliği olan ambalaj materyali ile paketlenmesi sonucunda protein oksidasyonunun daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Estevez vd., 2011). İşleme ve depolama koşullarının yanı sıra et türü ve ürün formülasyonu da protein oksidasyonunun boyutlarında etkili olabilmektedir. Utrera ve Estevez, (2013) tarafından yapılan kanatlı, dana ve domuz etinden yapılmış köftelerin -18°C'de 20 haftalık depolanması sırasında lipit ve protein oksidasyonunda meydana gelen değişimlerin incelendiği çalışmada, proteinlerin okside olma derecesi et türüne göre farklılık göstermektedir. Kırmızı ette bulunan hem demirin protein oksidasyonunda büyük bir etkisi olduğu saptanmıştır. Bünyede yer alan demir iyonu pro-oksidan görevi görmekte ve protein oksidasyonuna neden olmaktadır. Hem demir H₂O₂ varlığında reaktif oksijen türlerine dönüşmekte ve protein oksidasyonunu başlatmaktadır (Utrera ve Estevez, 2013).

Literatürde formülasyona eklenen doğal ve sentetik antioksidan maddelerin depolama süresince protein ve lipit oksidasyonu üzerine etkisi birçok çalışmaya konu olmuş ve kullanılan katkıların protein oksidasyonunu yavaşlattığı sonucuna varılmıştır (Sante-Lhoutellier vd., 2008; Ganhao vd., 2010; Rodríguez-Carpena vd., 2011; Salminen vd., 2006; Estevez vd., 2006; Estevez ve Cava, 2006; Badr ve Mahmoud, 2011; Zhang vd., 2013; Shi vd., 2014).

Bitkisel kaynaklı birçok doğal antioksidan kullanımının ürünün raf ömrü üzerinde olumlu etkileri olacağı görülmüştür (Ganhao vd., 2010; Estevez vd., 2006; Estevez ve Cava, 2006). Shi vd., (2014) balık filetosunda üzüm çekirdeği ve karanfil tomurcuğunun lipit ve protein oksidasyonunu yavaşlatarak raf ömrünü uzatmada etkili olabileceğini belirtmişlerdir. Frankfurter tipi sosislerde kuşburnu esansiyel yağı kullanımının protein oksidasyonunu engelleyici etkisi olduğu ve bu etkinin konsantrasyona bağlı olduğu bildirilmiştir (Estevez ve Cava, 2006). Oksidasyona karşı stabili-

teyi arttırmak amacıyla ürünlerin formülasyonlarına katılan doğal veya sentetik antioksidanlara ek olarak, antioksidanlarca zenginleştirilmiş yemlerin beside kullanılması da etkili bir yöntem olarak önerilmektedir (Sante-Lhoutellier vd., 2008).

Protein Oksidasyonu ve Lipit Oksidasyonu Arasındaki İlişki

Okside lipitler protein oksidasyonu üzerine etkili olabilmektedir, protein oksidasyonunu doğrudan reaktif oksijen türleri veya dolaylı bir şekilde okside olmuş lipitler başlatabildiği gibi, protein oksidasyonu, işleme sırasında meydana gelen diğer pro-oksidanlar gibi ikincil oksidatif stres ürünleri ile de indüklenir (Estevez, 2011). Lipit oksidasyon ürünleri olan hidroksiperoksitler ve malonaldehitler protein kalıntılarına bağlanarak proteinlerde oksidasyona neden olmaktadır (Uchida ve Stadtman, 1994; Requena vd., 1997). Yapılan çalışmalar lipit oksidasyonu sonucunda çoklu doymamış yağ asitlerinin parçalanmasıyla oluşan serbest radikallerin proteinin yapısında değişikliklere neden olduğunu ortaya koymaktadır (Salminen vd., 2006). Aminoasit modifikasyonu ve protein polimerlerinin oluşumu şeklinde gözlenen bu değişimler protein oksidasyonuna neden olmaktadır (Lund vd., 2007; Estevez, 2011). Bu nedenle et ve et ürünlerinde meydana gelen lipit ve protein oksidasyonunun tespiti et endüstrisi için önem teşkil etmektedir.

Lipit oksidasyonu ürünlerinin balık (Baron vd., 2007; Eymard vd., 2009; Soyer ve Hultin, 2000; Srinivasan ve Hultin, 1997), hindi (Mercier vd., 1998; Renner vd., 1999; Batifoulier vd., 2002) ve dana etinde (Mercier vd., 1995), tavuk but ve göğüs etinde (Soyer vd., 2010) ileri derecede protein oksidasyonuna neden olduğu saptanmıştır. Soyer vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada lipit ve protein oksidasyonu arasında iyi bir korelasyon olduğu sonucuna varılmış, birincil ve ikincil lipit oksidasyonu ürünlerinin protein oksidasyonu için substrat görevi gördüğü belirtilmiştir. Kikugawa vd. (1991) dondurularak depolanan balıklarda da benzer sonuçları bulgulamıştır. Literatürde yapılan çalışmaların sonuçlarına bağlı olarak oksidasyon lipitler ile başlamakta ve proteinler ile devam etmektedir denilebilir.

Tablo 1. Taze ette protein oksidasyonu üzerine yapılmış alışmalar**Table 1.** Summary of studies on protein oxidation of meat

Ürün	Protein oksidasyonu üzerine etkisi incelenen parametre	Elde edilen bulgular	Kaynak
Domuz eti	Fenolik madde (troloks, kuersetin, jenistein, gallik asit) kullanımının lipit oksidasyonu ve protein (AAS, AAA, Schiff baz) oksidasyonu üzerine etkisi	Fenolik maddelerin oksidasyonu önleyici etkisi olduğu ancak bu etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiği bulgulanmıştır.	Utrera ve Estevez, 2013
Ticari ve organik domuz eti	4°C’de 7 gün depolama süresince organik ve ticari olarak yetiştirilmiş domuz etlerinde lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonundaki(DNPH) değişim	7 günlük depolamanın sonucunda ticari olarak yetiştirilmiş domuz etlerinin karbonil miktarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.	Karwowska ve Dolatowski, 2013
Domuz eti	-18°C’de 12 haftalık depolama sırasında meydana gelen protein oksidasyonu (AAS-GGS) üzerine kas tipi, boyut küçültme ve ambalajlamanın etkisi	Kıyım haline getirilmiş <i>M. longissimus dorsi</i> kaslarının oksijen geçirgenliği olan ambalaj materyali ile ambalajlanması sonucunda protein oksidasyonunun daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.	Estevez vd., 2011
Kuzu eti	E vitamini katkılı besi ve +4°C’de depolamanın, myofibriler protein oksidasyonu (DNPH) ve in-vitro sindirilebilirlik üzerine etkileri	Depolama sırasında karbonil miktarında artış gözlenmekle birlikte, E vitamini katkılı besinin protein oksidasyonuna karşı stabiliteyi arttırdığı belirlenmiştir.	Sante-Lhoutellier vd., 2008a
Kırmızı et	Pişirme sıcaklığı ve süresinin (100°C’de 5, 15, 30, 45 dk. ve 270°C’de 1 dk.) protein oksidasyonu (DNPH) üzerine etkisi	100°C’de pişirme sırasında süre artışına bağlı olarak karbonil miktarı artmıştır.	Sante-Lhoutellier vd., 2008b
Tavuk eti	Dondurma sıcaklığı (-7,-12,-18°C) ve depolamanın lipit oksidasyonu ve protein (DNPH, sülfür grupları) oksidasyonu üzerine etkisi	Depolama süresince karbonil miktarında bir artış gözlenmiş, dondurma sıcaklığının azalmasına bağlı olarak karbonil miktarı da azalmıştır.	Soyer vd., 2010
Hindi göğüs eti	Taze ve dondurulmuş hindi göğüs etlerinde pH’ın protein oksidasyonu (DNPH) üzerine etkisi	Toplam karbonil miktarına pH’ın bir etkisi bulunmamaktadır.	Chan vd., 2011
Gümüş sazan balığı filetosu	Doğal antioksidan (üzüm çekirdeği ve karanfil tomurcuğu) kullanımının protein oksidasyonu (DNPH), renk ve tekstür üzerine etkisi	Üzüm çekirdeği ve karanfil tomurcuğunun lipit ve protein oksidasyonu bakımından raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.	Shi vd., 2014
Tavşan eti	Olgunlaştırmanın lipit oksidasyonu ve protein oksidasyonu üzerine etkisi	+4°C’de 7 günlük olgunlaştırmanın lipit ve protein oksidasyonunu arttırdığı bulgulanmıştır.	Nakyinsige vd., 2015

Tablo 2. Et ürünlerinde protein oksidasyonu üzerine yapılmış çalışmalar**Table 2.** Summary of studies on protein oxidation of meat products

Ürün	Protein oksidasyonu üzerine etkisi incelenen parametre	Elde edilen bulgular	Kaynak
Kanath, dana ve domuz etinden yapılmış köfte	-18°C'de 20 haftalık depolama süresince lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonundaki (AAS-GGS, AAA, Schiff Baz) değişim	Proteinlerin okside olma derecesi et çeşidine göre farklılık göstermiş, kırmızı ette bulunan hem demirin protein oksidasyonunun artışıyla etkili olduğu sonucuna varılmıştır.	Utrera ve Estevez, 2013
Emülsifiye burger köftesi	Antioksidan (kocayemiş, alıç, yaban gülü, böğürtlen ekstraktları) kullanılmış köftelerin 2°C'de 12 gün depolama sırasında protein oksidasyonundaki (DNPH) değişim	Kullanılan ekstraktların protein oksidasyonuna karşı antioksidan etki gösterdiği ve oksidasyon stabilitesini en çok arttıran meyvenin yaban gülü olduğu bulgulanmıştır.	Ganhao vd., 2010
Domuz eti köftesi	Antioksidan (avokado püresi) kullanımının protein oksidasyonu (DNPH) üzerine etkisi	Avokado kullanımının protein oksidasyonuna karşı stabiliteyi arttırdığı bulgulanmıştır.	Rodríguez-Carpena vd., 2011
Dana köftesi	Kullanılan yağ miktarı (3, 20 ve 35%) ve uygulan işlemin (pişirme ve dondurma) -18°C'de 20 haftalık depolama sırasında lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonu (AAS, triptofan ve Schiff baz) üzerine etkisi	Ürünün içerdiği toplam yağ miktarının protein oksidasyonu üzerine önemli bir etkisi olduğu bulgulanmıştır.	Utrera vd., 2014
Pişmiş domuz eti köftesi	Kolza tohumu, keten tohumu ve soya unu kullanımının 10 günlük depolama süresince protein oksidasyonu (DNPH) üzerine etkisi	Kolza tohumu, keten tohumu, soya unu ve bunların kombinasyonlarının protein oksidasyonunu inhibe edici etkisi olduğu bulgulanmıştır.	Salminen vd., 2006
Pişmiş kuzu fileto	Pişirme sıcaklığı (60-70-80°C) ve süresinin (6-12-24 sa) örneğin lipit oksidasyonu ve protein oksidasyonu (DNPH, AAS-GGS) üzerine etkisi	Toplam karbonil miktarı her pişirme sıcaklığında sürenin artışıyla artarken; AAS-GGS miktarı zamana bağlı olarak 60°C'de artmış 80°C'de ise sabit kalmıştır.	Roldan vd., 2014
Domuz ciğeri ezmesi	Doğal (adaçayı ve biberiye ekstraktı) ve sentetik (BHT) antioksidan kullanımıyla 4°C'de 90 günlük depolama sırasında protein oksidasyonundaki (DNPH) değişim	Depolama süresince toplam karbonil miktarında artış gözlenmiştir. Antioksidan kullanılmayan kontrol grubunda bu artışın daha fazla olduğu sonucuna varılmış, adaçayı ve biberiye'nin BHT'ye alternatif olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.	Estevez vd., 2006
Domuz Dumpling (Etili bir Çin yemeği)	Depolama sıcaklığı (-7°C, -18°C, -7°C -18°C arasında dalgalanma) ve süresinin (0,30,60,90,180 gün) lipit (TBA ve peroksit) oksidasyonu ve protein oksidasyonu (DNPH) üzerine etkisi	Depolama süresince toplam karbonil miktarı artmıştır ve -7°C'de en yüksek artış saptanmıştır.	Huang vd., 2013
Fermente sucuk	Yağ miktarı (%4, 10, 15) ve çeşidi (hayvansal ve bitkisel yağ) kullanımının lipit oksidasyonu (TBA) ve protein (DNPH, AAS-GGS) oksidasyonu üzerine etkisi	En yüksek protein oksidasyonu %10 yağ içeren örneklerde gözlenmiştir. Bitkisel yağ içeren örneklerde AAS-GGS miktarı daha düşük olarak bulgulanmıştır.	Fuentes vd., 2014

Frankfurter tipi sosis	Kuşburnu esansiyel yağı kullanımının 4°C’de 60 günlük depolama süresince lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonu (DNPH) zerine etkisi	Kuşburnu esansiyel yağı kullanımının protein oksidasyonunu yavaşlatıcı etkisi olduğu ve bu etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiği sonucuna varılmıştır.	Estevez ve Cava, 2006
Kantonese tipi sosis	üretim aşamalarında protein oksidasyonundaki (DNPH) değişim	ürün işleme sırasında zamana bağlı olarak karbonil miktarı artmıştır.	Sun vd., 2011
Sosis	Sosis retiminde antioksidan (havuē suyu) kullanımının lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonu (DNPH) zerine etkisi	Havuē suyu kullanımının protein oksidasyonunu yavaşlatıcı etkisi olduğu bulunmuştur.	Badr vd., 2011
Bologna tipi sosis	Sosis retiminde yeşil ēay ve kuşburnu ekstraktı kullanımının lipit oksidasyonu (TBA) ve protein (DNPH) oksidasyonu üzerine etkisi	Fenolik maddece zengin doğal ekstraktların kullanımıyla protein oksidasyonu azalmaktadır.	Jongberg vd., 2013
ēin tipi sosis	4°C’de 21 günlük depolama sırasında adaēayı ekstraktı kullanımının lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonu (DNPH ve tiyol grupların analizi) zerine etkisi	Adaēayı kullanımın protein oksidasyonuna karşı stabiliteyi arttırdığı belirlenmiştir.	Zhang vd., 2013
Jambon	Taze ve dondurulmuş jambonun pişirilmesiyle meydana gelen lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonunun (AAS-GGS) incelenmesi	Dondurulmuş jambonun pişirilmesiyle protein oksidasyonunun üründe kalite kayıplarına neden olduğu bulunmuştur.	Utrera vd., 2012
Krlenmiş jambon ve fileto	Jambon retiminde uygulanan yüksek basınē uygulamasının ve uygulama süresinin (200 MPa 15 dk., 200 MPa 30 dk., 300 MPa 15 dk, 300 MPa 30 dk) depolama süresince meydana gelen lipit oksidasyonu (TBA) ve protein oksidasyonu (DNPH) zerine etkisi	Uygulanan basınē ve sürenin artışıyla protein oksidasyonu artış göstermiştir.	Cava vd., 2009
Krlenmiş jambon	120 günlük depolama sresinde jambon üretiminde kullanılan yüksek basınē uygulamasının ve iēerdiđi yağ miktarının protein oksidasyonu (AAS-GGS) zerine etkisi	Yüksek basınē uygulanan ve düşük yağ iēeriđine sahip örneklerde protein oksidasyonunun daha yüksek olduğu grlmştir.	Fuentes vd., 2013
Vakum ambalajlı jambon	Jambon retiminde uygulanan yüksek hidrostatik basınēın protein oksidasyonu (AAS-GGS) zerine etkisi	Yüksek basınē kullanımının protein oksidasyonunu arttırdığı gözlenmiştir.	Fuentes vd., 2010

Yağ miktarı protein oksidasyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Et ürünlerinde formülasyonda artan yağ miktarının lipit oksidasyonunda artışa neden olduğu birçok araştırmacı tarafından saptanmıştır (Utrera vd., 2014; Estévez vd., 2003; Sasaki vd., 2001; Estévez vd., 2005a). Yağ miktarındaki artışa bağlı olarak ürünlerde protein oksidasyonu sonucunda açığa çıkan spesifik ürünlerin miktarında da artış gözlenmiştir (Utrera vd., 2014; Fuentes vd., 2014). Formülasyonda bulunan yağ miktarının artışına bağlı olarak ürün lipit oksidasyona daha açık hale gelmekte ve lipit oksidasyonundaki artışa bağlı olarak protein oksidasyonu derecesinde de artış gözlenmektedir. Ürün formülasyonunda bulunan yağ miktarına ek olarak yağ asidi kompozisyonun da protein oksidasyonu üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır. Fuentes vd., (2104) fermente sosislerde hayvansal yağ yerine bitkisel kaynaklı yağ kullanıldığında protein oksidasyonunun daha düşük oranda gerçekleştiğini saptamışlardır. Lysin oksidasyon ürünü olan α -aminoadipik semialdehitlerin (AAS) ve arjinin ve prolin oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan γ -glutamik semialdehidlerin (GGs) miktarları belirlenerek izlenen protein oksidasyonu seyrinde yağ miktarının artmasıyla fermente sosislerde protein oksidasyonunun yüksek oranda geliştiği saptanmıştır (Fuentes vd., 2014). Bununla birlikte protein oksidasyonu DPNH yöntemi ile izlendiğinde yağ miktarının %15'ten %4'e azaltılmasının karbonil miktarında önemli oranda azalmaya neden olduğu saptanmıştır.

Et ve Et Ürünlerinde Protein Oksidasyonunun Saptanması

Karbonillerin oluşumu protein oksidasyonunun en temel belirtisidir. Protein karbonilleri 4 farklı yol ile oluşmaktadır.

- (1) Alfa amidleşme yolu ve beta ayrılması boyunca parçalara ayrılma.
- (2) Lipit peroksidasyonundan lizin amino grupları, sistin sülfidrilleri, histidin imidazollerini bulduran aminoasit yan zincirlerine sahip proteine Michael reaksiyonuyla (4-hidroksi-2-nonenal (HNE) ve malondialdehit) polar olmayan karbonil bileşenlerinin bağlanması (Burcham ve Kuhan, 1996; Berlett ve Stadtman, 1997; Refsgaard vd., 2000).
- (3) Arjinin, lizin, prolin ve treonin içeren aminoasit yan zincirlerinin oksidasyonu (Amici vd., 1989).

- (4) Lysin ile reaksiyona girdikten sonra indirgen şekerler ve onların oksidasyon ürünleri tarafından oluşturulan reaktif karbonil türevlerinin (ketoaminler, ketoaldehidler ve deoksosonlar) eklenmesi (Lund vd., 2011; Decker vd., 2000).

Bugüne kadar et ve et ürünlerinde protein oksidasyonunun tespitinde analitik metodlar kullanılmıştır. Bu metodlardan 2,4-dinitrofenilhidrazin (DNPH) metodu (Oliver vd., 1987) çiğ ette, et emülsiyonlarında ve kürlenmiş et ürünlerinde yaygın olarak kullanılan bir metottur (Estévez ve Cava, 2004; Lund vd., 2007; Ventanas vd., 2006). Bu metotta karbonil bileşikler DNPH ile türevlendirilmekte ve spektrofotometrik ölçüm ile tespit edilmektedir. Daha sonraları ise, DNPH metoduna ek olarak özellikle emülsifiye et ürünlerinde meydana gelen değişimler floresans spektroskopisi ile belirlenmiştir (Estévez vd., 2008a; Viljanen vd., 2004). Bu metod lipit oksidasyonu ürünleri ve amino grup arasında meydana gelen reaksiyon sonucunda açığa çıkan ürünleri belirleme niteliğinde olduğundan protein oksidasyonunun saptanmasında kullanılmaktadır (Heinonen vd., 1998; Viljanen vd., 2004). Proteinlerde meydana gelen oksidasyonun düzeyini belirlemek amacıyla toplam karbonil miktarının yanı sıra sülfidril gruplarının miktarı da tespit edilmektedir (Martinaud vd. 1997, Mercier vd. 1998). Proteinlerde meydana gelen oksidasyon sonucunda, sülfidril grupları disüfitlere ve diğer okside ürünlere dönüşmekte ve miktarında azalma görülmektedir (Dean vd., 1997; Martinaud vd. 1997)

DNPH metodu ve sülfidril gruplarının miktarları toplam karbonil miktarı hakkında bilgi vermekte ancak spesifik protein oksidasyonu ürünleri ve oksidasyon ürünlerinin oluşum mekanizmaları hakkında bilgi sağlayamamaktadır. Bu nedenle son yapılan çalışmalarda karbonil türevlerinin kimyasal yapısı ve oluşum mekanizmalarını belirlemek amacıyla yeni metodlar geliştirilmiştir.

Son yıllarda lizin deaminasyon ürünü olan AAS (α -aminoadipik semialdehitler), ve arjinin ile prolin kalıntılarından Maillard reaksiyonu sonucu oluşan GGS (γ -glutamik semialdehidler) gibi spesifik protein oksidasyonu ürünlerinin tayin edilmesi de mümkün olmaktadır (Akagawa vd., 2006, Utrera vd., 2011, Utrera vd., 2012; Vossen vd., 2012; Timm-Heinrich vd., 2012). Biyolojik sistemlerde ve gıdalarda AAS ve GGS toplam protein karbonillerinin yaklaşık olarak %60'ını oluşturmakta (Requena vd., 2001; Utrera vd., 2011) ve okside olmuş proteinlerin ana karbonil ürünleri

olarak tanımlanmaktadır (Akagawa vd., 2006). Lisinin oksidasyonu sonucunda oluşan diğer ürünler ise α -aminoadipik asit (AAA) ve Schiff bazı (SB)'dir. AAA ve SB lisinin daha güçlü oksidasyon koşullarına maruz kalması sonucunda ortaya çıkmaktadır, bu nedenle lisinin oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan ürünlerin tespiti, oksidasyon mekanizması ve derecesi hakkında da bilgi vermektedir (Utrera ve Estevez,2012b).

Sonuç

Etin depolanması ve işlenmesi sırasında proteinlerde meydana gelen oksidatif reaksiyonlar proteinlerde değişime neden olmakta ve ürünün fonksiyonel kalitesi (protein çözünürlüğü, su tutma kapasitesi, emülsiyon kapasitesi) ve olgunlaşma boyunca gelişen proteolize bağlı gevrekleşme derecesi önemli ölçüde etkilendiği gibi biyoyararlılığı da etkilenererek besin değeri de azalmaktadır. Protein oksidasyonu ürünleri potansiyel toksik peptidleri içerdiğinden oksidasyonun ilerlemesiyle duyuşal ve tekstürel kalite problemlerinin yanı sıra bu bileşikleri yüksek miktarda içeren ürünler gıda güvenliği açısından risk teşkil etmektedir. Tüm bu nedenler göz önünde bulundurulduğunda et ve et ürünlerinde, üretim ve depolama süresince protein oksidasyonunun incelenmesi büyük bir önem teşkil etmektedir.

Kaynaklar

- Akagawa, M., Sasaki, D., Ishii, Y., Kurota, Y., Yotsu-Yamashita, M., Uchida, K. & Suyama, K. (2006). New method for the quantitative determination of major protein carbonyls, α -aminoadipic and γ -glutamic semialdehydes: investigation of the formation mechanism and chemical nature in vitro and in vivo. *Chemical Research in Toxicology*, 19(8), 1059-1065.
- Amici, A., Levine, R.L., Tsai, L. & Stadtman, E.R. (1989). Conversion of amino acid residues in proteins and amino acid homopolymers to carbonyl derivatives by metal-catalyzed oxidation reactions. *Journal of Biological Chemistry*, 264(6), 3341-3346.
- Badr, H.M. & Mahmoud, K.A. (2011). Antioxidant activity of carrot juice in gamma irradiated beef sausage during refrigerated and frozen storage. *Food Chemistry*, 127, 1119-1130.
- Baron, C.P., Kjærsgård, I.V.H., Jessen, F. & Jacobsen, C. (2007). Protein and lipid oxidation during frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 8118-8125.
- Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P. & Renner, M. (2002). Influence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H₂O₂-activated MetMb in microsomal membranes from turkey muscle. *Meat Science*, 61, 389-395.
- Berlett, B.S. & Stadtman, E.R. (1997). Protein oxidation in aging disease and oxidative stress. *The Journal of Biological Chemistry*, 272(33), 20313-20316.
- Burcham, P.C. & Kuhan, Y.T. (1996). Introduction of carbonyl groups into proteins by the lipid peroxidation product, malondialdehyde. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 220(3), 996-1001.
- Cava, R., Ladero, L., González, S., Carrasco, A. & Ramírez, M.R. (2009). Effect of pressure and holding time on colour, protein and lipid oxidation of sliced dry-cured Iberian ham and loin during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 76-81.
- Chan, J.T., Omana, D.A. & Betti, M. (2011). Effect of ultimate pH and freezing on the biochemical properties of proteins in turkey breast meat. *Food Chemistry*, 127(1), 109-117.
- Dean RT, Fu S, Stocker R & Davies M.J. (1997) Biochemistry and pathology of radical-mediated protein oxidation. *Biochemical Journal*, 324: 1-18
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89, 259-279.
- Estévez, M. & Cava, R. (2004). Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Science*, 68(4), 551-558.
- Estévez, M. & Cava, R. (2006). Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. *Meat Science*, 72, 348-355.
- Estévez, M., Killy, P., Puolanne, E., Kivikari, R. & Heinonen, M. (2008a). Fluorescence spectroscopy as a novel approach for the assessment of myofibrillar protein oxidation in oil-

- in-water emulsions. *Meat Science*, 80, 1290-1296.
- Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R. & Heinonen, M. (2008b). Oxidation of skeletal muscle myofibrillar proteins in oil-in-water emulsions: Interaction with lipids and effect of selected phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10933-10940.
- Estévez, M., Morcuende, D., Ventanas, S. & Cava, R. (2003). Analysis of volatiles in meat from Iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-GCMS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3429-3435.
- Estévez, M., Ventanas, S. & Cava, R. (2005a). Physicochemical properties and oxidative stability of liver pâté as affected by fat content. *Food Chemistry*, 92, 449-457.
- Estévez, M., Ventanas, S. & Cava, R. (2005b). Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: Effect on colour and texture deterioration. *Journal of Food Science*, 70, 427-432.
- Estévez, M., Ventanas, S., Heinonen, M. & Puolanne, E. (2011). Protein carbonylation and water-holding capacity of pork subjected to freeze storage: effect of muscle type, premincing and packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 5435-5443.
- Estévez, M., Ventanas, V. & Cava, R. (2006). Effect of natural and synthetic antioxidants on protein oxidation and colour and texture changes in refrigerated stored porcine liver pâté. *Meat Science*, 74, 396-403.
- Estévez, M., Morcuende, D. & Ventanas, S. (2008). Determination of oxidation. Handbook of processed meat and poultry analysis. Editörler: L.M.L. Mollet, F. Toldrá. Boca Raton FL, USA: CRC Press. ISBN: 978-1-4200-4531-4
- Eymard, S., Baron, C.P. & Jacobsen, C. (2009). Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces during processing and storage. *Food Chemistry*, 114, 57-65.
- Friedman, M. (1996). Nutritional value of proteins from different food sources. A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 6-29.
- Fuentes, V., Estévez, M., Ventanas, J. & Ventanas, S. (2014). Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food Chemistry*, 147, 70-77
- Fuentes, V., Ventanas, J., Morcuende, D., Estévez, M. & Ventanas, S. (2010). Lipid and protein oxidation and sensory properties of vacuum-packaged dry-cured ham subjected to high hydrostatic pressure. *Meat Science*, 85, 506-514.
- Fuentes, V., Ventanas, J., Morcuende, D. & Ventanas, S. (2013). Effect of intramuscular fat content and serving temperature on temporal sensory perception of sliced and vacuum packaged dry-cured ham. *Meat Science*, 93, 621-629.
- Ganhão, R., Morcuende, D. & Estévez, M., (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, 85(3), 402-409
- Gülbahar, Ö. (2007). Protein oksidasyonun mekanizması, önemi ve yaşlılıkla ilgisi. *Turkish Journal of Geriatrics*, 10(1): 43-48.
- Hawkins, C.L. & Davies, M.J. (2001). Generation and propagation of radical reactions on proteins. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1504(2), 196-219.
- Heinonen, I.M., Meyer, A.S. & Frankel, E.N. (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4107-4112.
- Huang, L., Xiong, Y.L., Kong, B., Huang, X. & Li, J. (2013). Influence of storage temperature and duration on lipid and protein oxidation and flavour changes in frozen pork dumpling filler. *Meat Science*, 95, 295-301.
- Jongberg, S., Tørngren, M.A., Gunvig, A., Skibsted, L.H. & Lund, M.A. (2013). Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared

- from oxidatively stressed pork. *Meat Science*, 93, 538-546.
- Karwowska, M. & Dolatowski, Z.J. (2013). Comparison of lipid and protein oxidation, total iron content and fatty acid profile of conventional and organic pork. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(10), 2200-2206.
- Kikugawa, K., Kato, T. & Hayasaka, A. (1991). Formation of dityrosine and other fluorescent amino acids by reaction of amino acids with lipid hydroperoxides. *Lipids*, 26, 922-929.
- Levine, R.L., Gorland, D.J., Oliver, C.N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A.G., Ahn, B.W., Shaltiel, S. & Stadtman, E.R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods of Enzymology*, 186, 464-477.
- Liu, G., Xiong, Y.L. & Butterfield, D.D. (2000). Chemical, physical and gel forming properties of oxidized myofibrils and whey and soy protein isolates. *Journal of Food Science*, 65(5), 811-818.
- Lund, M.N., Heinonen, M., Baron, C.P. & Estevez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(1), 83-95.
- Lund, M.N., Lametsch, R., Hviid, M.S., Jensen, O.N. & Skibsted, L.H. (2007). High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage. *Meat Science*, 77, 295-303.
- Martinaud, A., Mercier, T., Marinova, P., Tassy, C., Gatellier, P. & Renerre, M. (1997). Comparison of oxidative processes on myofibrillar proteins from beef during maturation and by different model oxidation systems. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45, 2481-2487.
- Mercier, Y., Gatellier, P. & Renerre, M. (1995). Relationships between lipid and protein oxidation in different beef muscles, Proceedings 41st International Congress of Meat Science and Technology, 562-564.
- Mercier, Y., Gatellier, Ph., Viau, M., Remignon, H. & Renerre, M. (1998). Effect of fat and vitamin E on colour stability and lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. *Meat Science*, 48, 301-318.
- Meucci, E., Mordente, A. & Martoranai, G.E. (1991). Metal-catalyzed oxidation of human serum albumin: conformational and functional changes. *Journal of Biological Chemistry*, 266, 4692-4699.
- Nakyinsige, K., Sazili, A.Q., Aghwan, Z.A., Zulkifli, I., Goh, Y.M., Bakar, F.A. & Sarah, S. A. (2015). Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. *Meat science*, 108, 125-131.
- Neuzil, J., Gebicki, J.M. & Stacker, R. (1993). Radical-induced chain oxidation of proteins and its inhibition by chain-breaking antioxidants. *Journal of Biochemistry*, 293, 601-606.
- Oliver, C.N., Ahn, B.W., Moerman, E.J., Goldstein, S. & Stadtman, E.R. (1987). Age-related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488-5491.
- Quali, A. (1992). Proteolytic and physiological mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie*, 74, 251.
- Refsgaard, H.H., Tsai, L. & Stadtman, E. R. (2000). Modifications of proteins by polyunsaturated fatty acid peroxidation products. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(2), 611-616.
- Renerre, M., Poncet, K., Mercier, Y., Gatellier, P. & Metro, B. (1999). Influence of dietary fat and vitamin E on antioxidant status of muscles of turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 237-244.
- Requena, J.R., Chao, C.C., Levine, R.L. & Stadtman, E.R. (2001). Glutamic and amino-adipic semialdehydes are the main carbonyl products of metal-catalyzed oxidation of proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(1), 69-74.
- Requena, J.R., Fu, M.X., Ahmed, M.U., Jenkins, A.J., Lyons, T.J., Baynes, J.W. & Thorpe, S.R. (1997). Quantification of malondialdehyde and 4-hydroxynonenal adducts to lysine residues in native and oxidized human lowdensity lipoprotein. *Journal of Biochemistry*, 322, 317-325.
- Rodríguez-Carpena, J.G., Morcuende, D. & Estévez, M. (2011). Avocado by-products as

- inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. *Meat Science*, 89, 166-173.
- Roldán, M., Antequera, T., Pérez-Palacios, T. & Ruiz, J. (2014). Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins. *Meat Science*, 97, 69-75.
- Salminen, H., Estévez, M., Kivikari, R. & Heimonen, M. (2006). Inhibition of protein and lipid oxidation by rapeseed, camelina and soy meal in cooked pork meat patties. *European Food Research and Technology*, 223, 461-468
- Santé-Lhoutellier, V., Engel, E., Aubry, L. & Gatellier, P. (2008a). Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and in vitro digestibility. *Meat science*, 79(4), 777-783.
- Santé-Lhoutellier, V., Astruc, T., Marinova, P., Greve, E. & Gatellier, P. (2008b). Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1488-1494.
- Sasaki, K., Mitsumoto, M. & Kawabata, K. (2001). Relationship between lipid peroxidation and fat content in Japanese black beef longissimus muscle during storage. *Meat Science*, 59, 407-410.
- Shacter, E. (2000). Quantification and significance of protein oxidation in biological samples. *Drug Metabolism Reviews*, 32(3-4), 307-326
- Shi, C., Cui, J., Yin, X., Luo, Y. & Zhou, Z. (2014). Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation. *Food Control*, 40, 134-139.
- Soyer, A. & Hultin, H. (2000). Kinetics of oxidation of the lipids and proteins of cod sarcoplasmic reticulum. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 2127-2134.
- Soyer, A., Özalp, B., Dalmiş, Ü. & Bilgin, V. (2010). Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*, 120(4), 1025-1030.
- Srinivasan, S. & Hultin, H. O. (1997). Chemical, physical and functional properties of cod proteins modified by a nonenzyme free-radical-generating system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 310-320.
- Stadtman, E.R. (1990) Metal-ion-catalysed oxidation of proteins: Biochemical mechanism and biological consequences. *Free Radical Biology and Medicine*, 8, 315-325.
- Stadtman, E.R. & Levine, R.L. (2003). Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. *Amino Acids*, 25, 207-218.
- Sun, W., Zhao, M., Yang, B., Zhao, H. & Cui, C. (2011). Oxidation of sarcoplasmic proteins during processing of Cantonese sausage in relation to their aggregation behaviour and in vitro digestibility. *Meat Science*, 88, 462-467
- Timm-Heinrich, M., Eymard, S., Baron, C.P., Nielsen, H.H. & Jacobsen, C. (2012). Oxidative changes during ice storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different ratios of marine and vegetable feed ingredients. *Food Chemistry*, 136(3), 1220-1230.
- Traore, S., Aubry, L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D. & Kajak-Siemaszko, K. (2012). Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Science*, 90, 917-924.
- Uchida, K. & Stadtman, E.R. (1994). Quantification of 4-hydroxynonenal protein adducts. *Methods in Enzymology*, 233, 371-380.
- Utrera, M. & Estévez, M. (2013). Oxidative damage to poultry, pork, and beef during frozen storage through the analysis of novel protein oxidation markers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(33), 7987-7993.
- Utrera, M., Armenteros, M., Ventanas, S., Solano, F. & Estévez, M. 2012. Prefreezing raw hams affects quality traits in cooked hams: Potential influence of protein oxidation. *Meat Science*, 92, 596-603.
- Utrera, M., Morcuende, D. & Estévez, M. (2014). Fat content has a significant impact on protein oxidation occurred during frozen storage of beef patties. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 62-68.

Journal abbreviation: **J Food Health Sci**

- Utrera, M., Morcuende, D., Rodríguez-Carpena, J.G. & Estévez, M. (2011). Fluorescent HPLC for the detection of specific protein oxidation carbonyls— α -amino adipic and γ -glutamic semialdehydes—in meat systems. *Meat Science*, 89(4), 500-506.
- Ventanas, S., Estevez, M., Tejeda, J.F. & Ruiz, J. (2006). Protein and lipid oxidation in Longissimus dorsi and dry cured loin from Iberian pigs as affected by crossbreeding and diet. *Meat Science*, 72(4), 647-655.
- Viljanen, K., Kylli, P., Kivikari, R. & Heinonen, M. (2004). Inhibition of protein and lipid oxidation in liposomes by berry phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7419-7424.
- Vossen, E., Utrera, M., De Smet, S., Morcuende, D. & Estévez, M. (2012). Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. *Meat Science*, 92(4), 451-457.
- Xiong, Y.L. (2000). Protein oxidation and implications for muscle foods quality. Antioxidants in muscle foods. Editörler: Decker, E. A., Faustman, C., Lopez-Bote, C. J. New York: Wiley. ISBN: 0-471-31454-4
- Xiong, Y.L. & Decker, E.A. (1995). Alteration of muscle protein functionality by oxidative and antioxidative process. *Journal of Muscle Food*, 6, 139-160.
- Zaritzky, N. (2012). Physical-chemical principles in freezing. In D. W. Sun (Ed.), Handbook of frozen food processing and packaging (pp. 3e38). CRC Press. ISBN: 978-1-4398-3605-7
- Zhang, L., Lin, Y.H., Leng, X.J., Huang, M. & Zhou, G.H. (2013). Effect of sage (*Salvia officinalis*) on the oxidative stability of Chinese-style sausage during refrigerated storage. *Meat Science*, 95(2), 145-50.
- Zirlin, A. & Karel, M. (1969). Oxidation effects in a freeze-dried gelatin-methyl linoleate system. *Journal of Food Science*, 34, 160-164.

ORIGINAL ARTICLE/ORIJİNAL ÇALIŞMA

SHORT COMMUNICATION

KISA MAKALE

CHILLING RATE OF COOKED RICE AND RISK OF *Bacillus cereus* GROWTH IN RESTAURANT OPERATION

Nezih Müftügil

Okan University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Istanbul, Turkey

Received: 27.07.2016

Accepted: 18.09.2016

Published online: 20.09.2016

Corresponding author:

Nezih MÜFTÜGİL, Okan University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Akfirat, Tuzla, Istanbul, Turkey

E-mail: Nezih.muftugil@okan.edu.tr

Abstract:

The emetic syndrome of *B. cereus* food poisoning is often connected with consumption of rice. When cooked rice is cooled slowly and stored between 10°C to 50°C *B. cereus* spores germinate and reach numbers high enough to cause illness.

Cooked rice is often slowly chilled in most of the restaurants. In the absence of rapid cooling instruments such as blast chiller and cold room, cooked rice, as a common practice is kept at room temperature for cooling for a long time before putting into a refrigerator.

In this study, cooked rice in 10 cm deep in a pan was chilled in a blast chiller, cold room, refrigerator and at ambient and the cooling rates between the temperature zone of 50°C to 10°C were determined. Except the chilling in a blast chiller, in no other chilling methods the instructed/recommended four hours chilling time was achieved. Chilling of rice from 50°C to 10°C in a refrigerator took 12.5-13.5 hours. Chilling time came down to around 10 hours when thickness of rice in the pan was reduced to 5 cm. Chilling time was much longer (15.5-16.5 hours) when the rice was held at ambient until the centre temperature was 30 °C before putting into the refrigerator. It is obvious that the commonly applied rice chilling in the restaurants is not safe. Some other practical ways other than reducing the thickness of rice should also be applied.

Keywords: Rice, Chilling, *Bacillus cereus*, Restaurant

JOURNAL OF FOOD AND HEALTH SCIENCE

E-ISSN: 2149-0473

2(4): 183-188 (2016) doi: 10.3153/JFHS16019

© 2015-2016 ScientificWebJournals (SWJ)

Introduction

Meals prepared in food service sector must be chilled as quickly as possible unless they are going to be consumed shortly after cooking. Cooking kills off the harmful bacteria. However, spore forming bacteria survives in cooking. Two spore forming bacteria are particularly important for the safety of cooked meals. Spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* survive in cooking and during the cooling process, spores may germinate enabling these two bacteria to multiply in the meals and produce toxins (Andersson et al. 1995; Drobniewski 1993).

Spores of *B. cereus* can be found widely in the nature, including samples of dust, dirt, cereal crops, water e.t.c, so it is a common contaminant of raw agricultural commodities. *B. cereus* produces two types of toxins-emetic and diarrhoeal-causing two types of illness. The diarrhoeal sickness is caused by toxins produced during the growth of the bacteria in the small intestine. The diarrhoeal enterotoxins can be produced in the temperature range of 10°C -48°C, with an optimum 32°C (Kramer & Gilbert 1989; Fermanian et al. 1997). Whereas, the emetic toxin is produced by *B. cereus* during the growth phase in the food when the temperature of food is in the range of 15°C to 40°C (Finlay et al. 2000; Granum 1994). Once formed, the heat stable toxin will not be inactivated during the subsequent cooking. Thus, illness occur by ingesting food contaminated with pre-formed toxin (FDA 2012; Choma et al. 2000).

Starch foods, such as rice, pasta or potatoes are commonly associated with emetic toxin outbreaks. Many of the emetic illnesses are due to improper holding of cooked rice at warm temperatures, offering conditions where the spores in the rice are able to germinate and produce toxin (Arnesen et al. 2008). In 95% of emetic cases fried or cooked rice is involved (Jansen & Moir 2003).

Toxin formation requires *B. cereus* concentrations to reach in excess of 10⁵ cfu/g in the concerned foods. Some strains of *B. cereus* may cause food poisoning with an infective dose as low as 10³-10⁴ cfu/g (Kramer & Gilbert 1989; Becker et al. 1994). In rare cases of emetic and diarrhoeal illness have been reported involving 10³-10⁵ cfu/g *B. cereus* in food (McElroy et al. 1999). Laboratory studies on the formation of emetic toxin in boiled rice showed that in excess of 10⁶ cfu/g of *B. cereus* required for toxin production to occur (Finlay et al. 2002). The conditions that favour the

growth of *B. cereus* including cooking procedures that activate the pores followed by slow cooling and storage of food at 10-50°C. Rice is commonly contaminated with spores of *B. cereus*. Holding rice at temperature between 10°C to 50°C will allow organisms to proliferate provided other growth conditions, such as pH, are favourable (ICMSF 1996; Johnson 1984).

In the European Union, there were 0.04 reported case of *B. cereus* foodborne illness per 100.000 population in 2012 (EFSA 2012). *B. cereus* was reported as a major causative agent of foodborne illness in the Netherlands in 2006, causing 5.4% of the food borne illness and in Norway in 2000 causing 32% of food borne outbreaks (Wijlands 2008). The most recent estimates by the CDC informs that *B. cereus* is becoming more problematic and accounting for nearly 63.000 cases annually in the United States (Scallan et al. 2011).

Control of *B. cereus* requires prompt refrigeration and cooling of foods to less than 10 °C to minimize growth of toxin formation. The target of the control is then to secure that during cooling food does not stay in the temperature danger zone which is between 10°C to 50°C.

Restaurants are considered to be the small operations in the food service sector. Rice which is a very common meal prepared in the restaurants is often not consumed just after cooking but kept for some time for the later use.

In some regulations time limits have been set for chilling of cooked foods. FDA code in USA and FSANZ (Food Standards Australia and New Zealand) request cooling from 57°C to 21°C in two hours and from 21°C to 5 °C in 4 hours (FDA 1997 and FSANZ 2016). In IFSA, World Food Safety Guidelines for Airline Catering the requested chilling time from 60°C to 10°C is 4 hours (IFSA 2016).

Chilling of rice in a restaurant operation is often not rapid. Use of blast chillers for rapid chilling is rare as majority of restaurants cannot afford such expensive investment. Some restaurants may have cold rooms but for the majority of restaurants the refrigerators which are normally used for cold holding are the single equipment's used for food chilling.

In this study, cooked rice was cooled using different methods in a restaurant environment and the cooling rates were determined. The aim was to

determine the time period that the food temperature remained within the *B. cereus* germination temperature range in each cooling method.

Materials and Methods

The study was conducted in the operation kitchen of Turkish DO&CO, Airline Catering Unit, Istanbul, Turkey. Rice was first washed in a kettle and cooked in a tilting pan. During cooking rice temperature reached to 95°C in the center. After cooking, rice was transferred into five stainless steel pans. Dimension of a pan was 52x11x32 cm. Thickness of rice in the pans was 10 cm except in the fourth pan in which the thickness of rice was 5 cm. Pans were covered with stretch film. Small holes were pierced on the stretch film in order to let the vapour of cooked rice to release.

Rice in five different pans was kept at room temperature around 22-24°C until the centre temperature of rice came down to 50°C.

First pan with rice was then placed into a blast chiller (Air-o-chill, Electrolux). The temperature of blowing air in the blast chiller varied between -7°C to -10°C.

Second pan was placed into a cold room when the centre temperature of rice was 50°C. Dimension of the cold room was 220X240X200cm. The inside temperature of cold room was between 2°C to 5°C. The third and fourth pans were placed into a home-type vertical refrigerator when the centre temperature of rice was 50°C. The difference between the third and fourth pans was that the rice thickness in the fourth pan was 5 cm. The inside temperature of refrigerator was in between 2-5°C.

The fifth pan was kept at ambient temperature (22-24°C) until the rice centre temperature was 30°C.

The pan was then put into the refrigerator and chilling from 30°C to 10°C was continued in the refrigerator.

During the chilling, the centre temperature of rice in the pans was recorded from 50°C to 10°C at every 30 minutes. Data logger (Kimo- KTT30) was used to monitor the temperature during cooling.

The air flow in the cold room and refrigerator was monitored with an air velocity meter (Veocicalc 9515, TSI).

The set of experiment explained above was re-

peated three times to verify the validity of the experiments.

Results and Discussion

Center temperature of cooked rice was 95°C when the rice was transferred to pans. After transferring into the pans, rice in pans was kept at room temperature at around 22-24°C until the centre temperature of rice dropped to 50°C. Dropping of rice centre temperature from 95°C to 50°C took 170-180 minutes for the rice in 10 cm deep and 130-140 minutes for the rice in 5 cm deep in the pan. The temperature range between 95°C to 50°C is not considered unsafe as *B. cereus* spore's germination does not occur above 50°C.

Chilling rates of rice cooled from 50°C to 10°C in different methods are shown in Figure 1.

Cooling rate was much faster in the blast chiller. Rice centre temperature dropped from 50°C to 10°C in two 130-140 minutes.

The time for the rice to cool from 50°C to 10°C was 8.5-9.5 hours in the cold room. In the refrigerator, rice temperature came down from 50°C to 10°C 12.5-13.5 hours.

Although the inside temperature was 2-5°C in both the cold room and the refrigerator, the cooling was faster in the cold room. The reason of faster cooling in the cold room was due to the higher air flow generated by the evaporator fan. Air flow in front of the evaporator fan was monitored to be 1.95-2.30 m/sec. Whereas, in the refrigerator there was almost no air flow.

When thickness of rice in pan was reduced from 10 cm to 5 cm, the cooling rate was faster. Temperature of rice in 5 cm deep came down to 10°C two hours before than the rice in 10 cm deep in the refrigerator. The cooling time was 10.5-11.5 hours.

Cooling rate of rice was very slow when rice was kept at ambient temperature until the centre temperature was 30°C and then was put into the refrigerator. In this experiment, it was shown that cooling took 15.5-16.5 hours until the final temperature of rice came to 10°C in the refrigerator.

Cooling experiments showed that except the chilling in the blast chiller, in no other chilling methods the recommended 4 hours chilling rule was achieved.

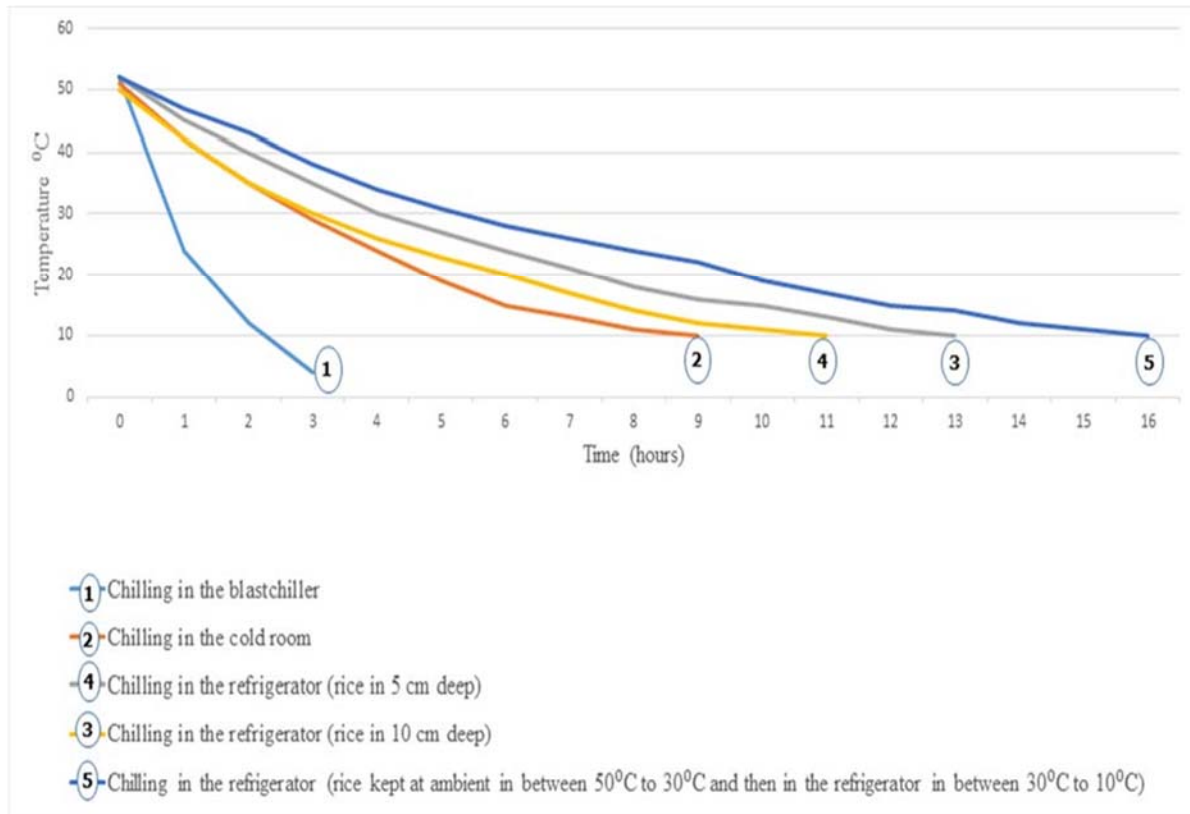


Figure 1. Chilling rate of cooked rice

Chilling rate can be increased if the thickness of food is reduced. This is an easily and practical way of fast food chilling in the restaurants and should be an essential food safety point in the restaurant food safety system. It is also very noticeable that cooling time takes longer when an employee in a restaurant keep the cooked rice long time at ambient (until the centre temperature comes down to around 30°C) before placing it into the refrigerator. This practice brings the risk of *B. cereus* proliferation and therefore must be prevented through training and supervision in the restaurants.

It is well documented that most food borne outbreaks related to *B. cereus* contamination is a result of time and temperature abuse that promoted the growth of initially low levels of *B. cereus* to increase to infectious amounts (ICMSF 1996). In addition to the temperature, pH and water activity are the two other factors affecting the *B. cereus* growth. Rice is a very suitable media for the growth of *B. cereus* as its pH and water activity values encourage the multiplication of this bacteria when the temperature of rice is kept in between 10°C to 50°C degrees. Average pH and water activity values of cooked rice is 6.3-6.5 and 0.93-

0.95 respectively and this fit well with the optimum growth conditions of *B. cereus* with pH 6.0-7.0 and water activity 0.93-0.99 (Schoeni & Wong, 2005; Leguerinel & Mafart, 2001). The emetic syndrome of *B. cereus* food poisoning is often connected with consumption of rice in Chinese restaurants (Kramer & Gilbert 1989). The common practice in these restaurants is that the boiled rice is stored overnight usually at room temperature and *B. cereus* is then able to multiply. Once formed, the emetic toxin in rice is heat stable and cannot be inactivated during the subsequent reheating (Agata et al. 2002; Kotiranta et al. 2000). Thus, makes the chilling of cooked rice as an important food safety point.

Conclusion

It can be concluded from the experiments that in most of the restaurants the rice cooling application is not safe. Restaurants must use some practical ways to speed up the cooling of rice after cooking. These practical ways may include soaking rice pan into water bath, reduce the rice thickness in pan down to 2-3 cm, continuous stirring of rice while cooling and placing rice pan in front of blowing air. Use of these practices must be encouraged and requested by the legal food control authorities.

References

- Agata, N., Ohta, M. & Yokoyama, K. (2002). Production of *Bacillus cereus* emetic toxin (cereulide) in various foods. *International Journal of Food Microbiology*, 73, 23-27.
- Arnesen, S.L.P., Fagerlund, A. & Granum, P.E. (2008). From soil to gut: *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *FEMS Microbiology Reviews*, 32, 579-606.
- Andersson, A., Ronner, U. & Granum, P.E. (1995). What problems does the food industry have with the spore-forming pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*? *International Journal of Food Microbiology*, 28(2), 145-155.
- Becker, H., Schaller, G., Von Wiese, W. & Terplan, G. (1994). *Bacillus cereus* in infant's foods and dried milk products. *International Journal of Food Microbiology*, 23(1), 1-15.
- Drobniewski, F.A. (1993). *Bacillus cereus* and related species. *Clinical Microbiology Reviews*, 6(4), 324-338.
- EFSA (2012). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and foodborne outbreaks in 2011. *EFSA Journal*, 10(3), 2597.
- FDA (2012). Bad bug book: Foodborne pathogenic microorganism and natural toxins handbook, 2nd ed. US Food and Drug Administration, Silver Spring, 93-96.
- FDA (1997). Food Code. U.S. Dept. Of Health and Human Services. Public Health Service. Food and Drug Administration, Pub. No. PB97-141204. Washington, D.C.
- Fermanian, C., Laeyre, C., Fremy, J. & Claisse, M. (1997). Diarrhoeal toxin production at low temperatures by selected strains of *B. cereus*. *Journal of Dairy Research* 64, 551-559.
- Finlay, W.J.J., Logan, N.A. & Sutherland, A.D. (2000). *Bacillus cereus* produces most emetic toxin at lower temperatures. *Letter in Applied Microbiology*, 31, 385-389.
- Finlay, W.J.J., Logan, N.A. & Sutherland, A.D. (2002). *Bacillus cereus* toxin production in cooked rice. *Food Microbiology*, 19, 431-439.
- FSANZ (2016). Food Standards Australia New Zealand. Food Standards Code. Food safety Practices and General Requirements.
- Granum, P.E. (1994). *Bacillus cereus* and its toxins. *Society for Applied Bacteriology Symposium series* 23, 61-66.
- IFSA (International Flight Service Association), (2016). World Food Safety Guidelines for Airline Catering. Control of food chilling, 19.
- ICMFS (1996). *Bacillus cereus*. Microorganisms in Foods 5: Microbiological specifications of food pathogens, 20-35. Blackie Academic and Professional, London.
- Johnson, K. M. (1984). *Bacillus cereus* foodborne illness-An update. *Journal of Food Protection*, 47, 145-153.
- Kotiranta, A., Lounatmaa, K. & Haapasalo, M. (2000). Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. *Microbes and Infection*, 2(2), 189-198.
- Kramer, J.M. & Gilbert, R.J. (1989). *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species, 21-70. In M. P. Dyle (ed.) Foodborne Bacterial Pathogens. Marcel Decker, New York, NY.
- Leguerinel, I. & Mafart, M. (2001). Modelling the influence of pH and organic acid types on thermal inactivation of *Bacillus cereus* spores. *International Journal of Food Microbiology*, 63, 29-34.
- McElroy, D., Jaykus, L. & Foegeding, P.M. (1999). A quantitative risk assessment for *Bacillus cereus* emetic disease associated with the consumption of Chinese-style fried rice. *Journal of Food Safety*, 19(3), 209-229.
- Scallan, E., Hoekstra, R.M. & Angulo, F.J. (2011). Foodborne illness acquired in the United States-Major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7-11
- Schoeni, J.L. & Wong, A.C.L. (2005). *Bacillus cereus* food poisoning and its toxins. *Journal of Food Protection*, 68(3), 636-648.
- Wijlands, L.M. (2008). *Bacillus cereus* associated disease: Quantitative aspects of exposure assessment and hazard characterization. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands.

ORIGINAL ARTICLE/ORIJİNAL ÇALIŞMA

FULL PAPER

TAM MAKALE

QUALITY OF 'MANTI' (MEAT-FILLED PASTA PRODUCT) AS AFFECTED BY MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING DURING REFRIGERATED STORAGE

Aysun Yüce-tepe, Gürbüz Güneş

Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

Received: 17.06.2016

Accepted: 20.09.2016

Published online: 24.09.2016

Corresponding author:

Gürbüz GÜNEŞ, Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Istanbul Technical University, Maslak, TR-34469, Istanbul, Turkey

E-mail: gunesg@itu.edu.tr

Abstract:

The fresh 'manti' pieces were blanched in boiling water for 5 min and dehydrated in an oven at 125°C to adjust water activity to 0.91. The samples were packaged under different atmospheres (C: air as control, M1: 70% CO₂+30% N₂+0% O₂, M2: 70% CO₂+25% N₂+5% O₂, M3: 100% N₂). Packages have been stored in a refrigerator at +4 ± 1 °C for 35 days during which headspace gas composition, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), total yeast-mold, moisture, pH, lipid oxidation and sensory analyses were carried out. Yeast-mold and TAMB counts were 1.40 log cfu/g and 4.62 log cfu/g in samples packaged in air after 35 days, respectively. Yeast-mold and TAMB counts were below 2 log cfu/g in M1, M2 and M3 during 35 days. The 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values of the samples in all modified atmosphere packaging (MAP) were lower than the samples in the control packages after 35 days. Sensory qualities of uncooked and cooked samples were significantly higher in M1 and M2 than C and M3 during 35-day storage. Overall, microbiological, chemical and sensory quality of the samples packaged with M1 and M2 were maintained successfully during 35-day storage.

Keywords: Lipid oxidation, Meat-filled pasta ('manti'), Microbiological quality, Modified atmosphere packaging, Sensory quality

Introduction

'Manti' is a traditional Turkish food in which a meat based filling material is wrapped with a thin sheet of dough in small pieces. It has been produced handmade and sold daily for long time, but nowadays special wrapping machines are available and used in large scale production. Although the fresh refrigerated product is considered as a premium, due to its very short shelf-life the product is released to the market as totally dehydrated or frozen forms. Drying or freezing of 'manti' extend the shelf-life but they adversely affect texture, overall flavor, and color of the product. Refrigerated 'manti' with premium quality and an extended shelf-life is highly demanded by consumers and subject of interest in industry.

The shelf-life of refrigerated 'manti' is limited mainly due to microbial spoilage and lipid oxidation. Traditionally, both the filling material and the dough in 'manti' are raw with high water activity, resulting in high initial microbial (bacteria, yeast and mold) count. Lipid oxidation especially in the filling material is a major problem causing quality degradation in fresh 'manti'. Modified atmosphere packaging (MAP) can be used to decrease the rate of quality degradations and thus, increase the shelf-life of refrigerated 'manti'. MAP with reduced O₂ and elevated CO₂ in the package headspace would decrease the rate of microbial growth and lipid oxidation in 'manti' as suggested in various meat and bakery products in literature (Pikul *et al.*, 1989; Church & Parsons, 1995; Jakobsen & Bertelsen, 2000; Rasmussen & Hansen, 2001; Taniwaki *et al.*, 2001; Kennedy *et al.* 2004; Aksu *et al.*, 2005; Berruga *et al.* 2005; Gök *et al.* 2008; Zakrys *et al.* 2008; Bornez *et al.*, 2009; Esmer *et al.*, 2011; Fik *et al.*, 2012; Khoshakhlagh *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2015; Shah *et al.*, 2015). The objective of this study was to determine the effect of modified atmosphere packaging on microbial quality, lipid oxidation and sensory quality of 'manti' during refrigerated storage.

Materials and Methods

Materials

Fresh hand made 'manti' was obtained from a local manufacturer (Pelin Food Company, Istanbul, Turkey). Peptone was purchased from Oxoid (Basingstoke, Hampshire, UK), plate count agar (PCA) and dichloran rose-bengal chloramphenicol (DRBC) agar were supplied by Merck (Darmstadt,

Germany) and sodium chloride and trichloroacetic acid (TCA) was obtained from Riedel-de Haen (Germany). 3,5-di-tert-4-butylhydroxytoluene (BHT, SAFC, Germany), thiobarbituric acid (TBA) and 1,1,3,3-Tetraetoksiopropan (TEP) were obtained from Fluka (Buschs, Switzerland). Packaging materials were supplied by Koroza Packaging Industry and Trade Co. (Istanbul, Turkey).

Preparation of 'Fresh Manti' Samples

'Fresh manti' samples were prepared by a local manufacturer according to the method given in Figure 1. Dough, prepared from flour, water and salt, was rolled out by using a dough roller machine to get thin sheets (ca 2 mm). The sheets of dough were cut into pieces of 2.5 × 2.5 cm dimensions. The filling material contained ground meat, onion, salt and spices mixture (black pepper, chili powder and cumin). The filling material was cooked for 20 min in a cauldron and cooled to 4 °C to decrease initial microbial load before used. A small amount of filling material (ca 1 cm³) is wrapped by each pieces of the dough to obtain the final form of 'manti'.

Pretreatments, Packaging and Storage of the 'Manti' Samples

The fresh 'manti' samples were taken to our laboratory under refrigerated condition and pretreatment and packaging were applied in our laboratory as shown in Figure 1. The samples were blanched in boiling water for 5 min to decrease initial microbial load. They were partially dehydrated in an oven at 125°C for 70 min so that the individual pieces of 'manti' do not stick to each other. Water activity of the 'manti' samples were 0.91, after this treatment.

The 'manti' samples were placed into disinfected polypropylene plates and packaged with LDPE bags (50 µm with OTR: 3800 cc O₂/m²·day·atm at 23°C and 0%RH) for the control treatment (air-packaging, C), or with bags of a high barrier multilayered film (62 µm PET/PE-EVOH-PE with OTR: 1.2 cc O₂/m²·day·atm at 23°C and 0%RH) for the modified atmosphere packaging treatments (M1: 70% CO₂ + 30% N₂ + 0% O₂, M2: 70% CO₂ + 25% N₂ + 5% O₂, M3: 100% N₂) using a packaging machine (Multivac C200, Multivac Sepp Hagenmüller GmbH & Co. KG, Wolfertschwenden, Germany). The gas mixtures were obtained through a gas mixer (PBI Dansensor Map Mix 9000, Ringsted, Denmark) and fed to the

packaging machine. All the packages were stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ during 35 days. The packaging treatments are independently repeated two times in the study.

Gas Analysis

The headspace gas composition (O_2 and CO_2) of packages were measured by a gas analyzer (PBI Dansensor Check-Mate 9900) at each sampling period before opening the packages for sample analyses. The gas analyzer had zirconia-based O_2 sensor and infrared CO_2 sensor with a detection limit of 0.1%.

Moisture and pH Measurements

Moisture content of 'manti' samples were determined using a standart method in which 3 g sample were dried to constant weight in an oven (Schutzart DIN 40050-IP 20, Schwabach, Germany) at 125°C (AOAC, 1996). The moisture content is calculated based on the amount of weight loss and expressed in percentage.

The pH analysis was performed according to the method of Jakobsen & Bertelsen (2000) using a pH meter (Testo 250, Testo AG, Lenzkirch, Germany). A 10 g 'manti' was homogenized in 10 mL distilled water using a stomacher (AESAP1068-Easymix, AES Chemunex, Combourg, France) for 10 min. The probe of pH meter was inserted into this mixture and the pH value was recorded.

Microbiological Analysis

Total yeast/mold and TAMB were enumerated using the spread plate technique according to the International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF, 1978), using PCA and DRBC agar, respectively. A 25 g sample was homogenised in 225 mL peptone water (0.1% w/v) using a stomacher for 10 minutes, and serial dilutions were prepared. A 100 μL diluted samples were spread onto the agar plates. The PCA plates were incubated at 37°C for 2 days, and the DRBC plates were incubated at 25°C for 3 days for yeast count and 5 days for mold counts. The microbial counts were expressed as log cfu/g.

Lipid Oxidation Analysis

The 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test was used to determine the extent of

oxidative rancidity of samples according to the method of Pikul *et al.* (1989). A 10 g of 'manti' sample was homogenized with 35 mL of trichloroacetic acid (TCA) and 1 mL 3,5-di-tert-4-butylhydroxytoluene (BHT, 7.2% w/v). The mixed solution was centrifuged at 1000 rpm for 6 min (Hettich Zentrifugen D-78532 Tuttlingen, Germany). The homogenate was filtered using Whatman No. 4 and the filtrate was completed to 50 mL with TCA (5%, w/v) in a volumetric flask. A 5 mL of 0.02 M thiobarbituric acid (TBA) was mixed with 5 mL of the filtrate-TCA solution in glass tubes. The tubes were kept in a water bath at 80°C for 20 min and the absorbance of each sample was read at 532 nm using a UV/VIS spectrophotometer (PG Instruments T80, Leicester, U.K.) Results were expressed as mg of malonaldehyde (MDA)/kg of 'manti' samples from the standard curve using different concentration of TEP (1,1,3,3,-tetraethoxypropane).

Sensory Evaluations

Sensory analyses were carried out by 5 selected experienced panellists (ages of 22- 40 years old) among from graduate students and the members of Istanbul Technical University of Food Engineering Department at 7th, 14th, 21th, 28th and 35th storage days. Fresh 'manti', and 'manti' samples packed with air and modified atmosphere were served to the panellists as uncooked and cooked. Uncooked samples were evaluated by the panellists for odor, general structure and colour. Then, cooked samples prepared by boiling for 1 min in boiling water were served to the panellists, and they were evaluated as odor, general structure, colour, texture and taste. The sensory quality was scored from 1 to 5 for each category, Where 1: Unacceptable, 2: Hardly Acceptable, 3: Acceptable, 4: Good, 5: Perfect. All samples were analyzed in duplicate.

Statistical Analysis

The data were analyzed using the general linear model procedure to determine the treatment and interaction effects using a statistical software (Minitab, Version 17, Minitab Inc., State College, PA). The differences between mean values of the treatments were compared using Tukey test.

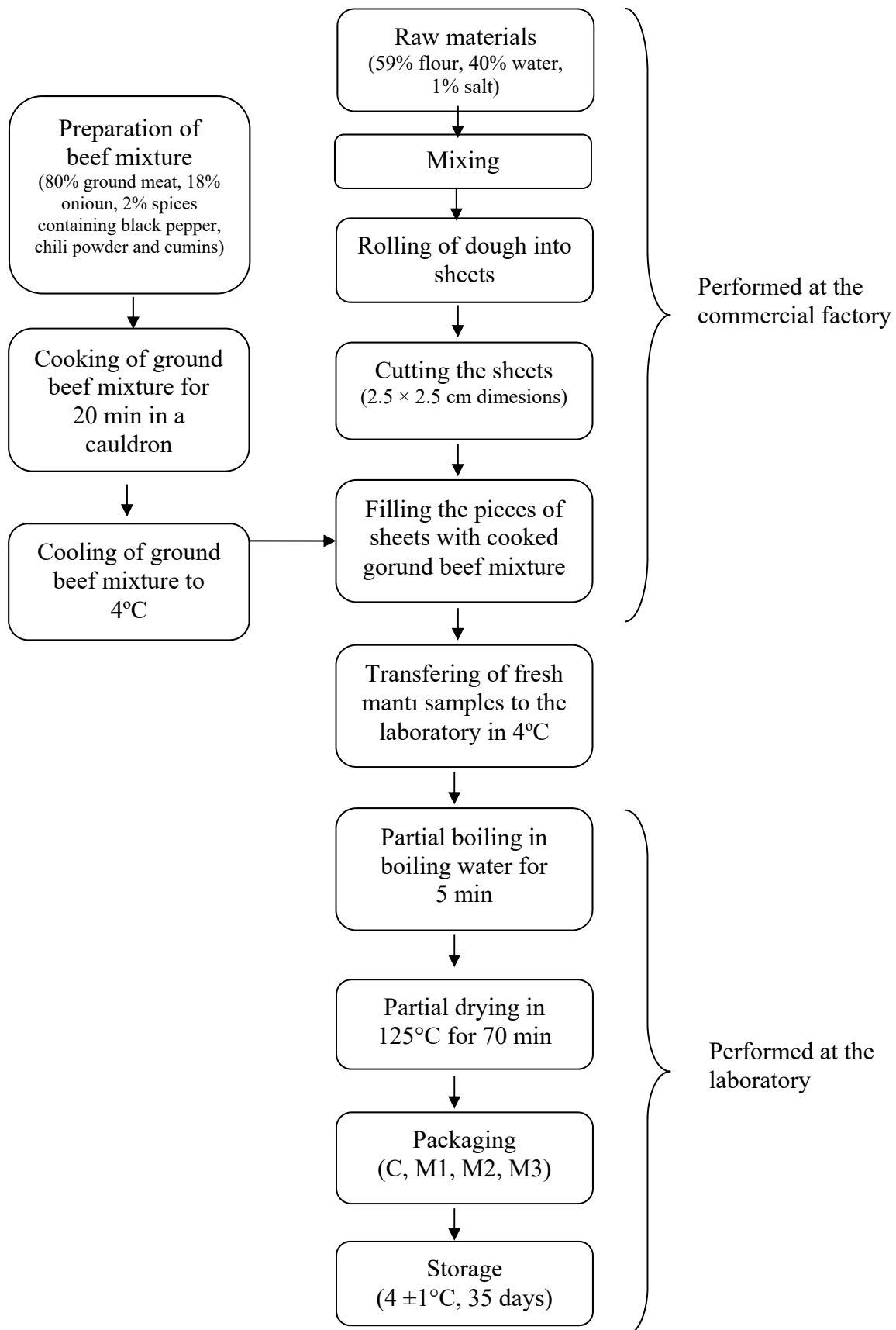


Figure 1. Preparation and packaging of 'manti' samples

Results and Discussion

Headspace Gas Compositions

Concentrations of CO₂ and O₂ in the headspace of packages were showed in Table 1. The CO₂ and O₂ contents of all packages remained fairly stable at the initial levels during 35-day storage. This was associated with lack of microbial growth in the samples.

pH and Moisture Contents

Initial pH value of the samples was 5.87 and it did not changed during storage in C and M3 ($p > 0.05$, Table 2). The pH increased gradually in M1 and M2 packages during 35 days ($p < 0.05$). These packages contained elevated CO₂ (70%) which could result in slight reduction in pH due to dissolution of CO₂ in the product. However, there was slight increase in the pH during storage which may be associated with formation of nitrogenous compound through proteolysis as reported in some meat products in elsewhere (Aksu *et al.*, 2005). Gök *et al.* (2008) also reported an increase in pH of Turkish pastırma packaged in modified atmosphere during storage. Similar observation was reported by Shah *et al.* (2015) in modified atmosphere packaged raw beef.

Moisture content of samples, which ranged from 41.20 to 44.8%, was not affected by storage time and packaging treatments ($p > 0.05$, data not shown). This was mainly due to high moisture barrier properties of the packaging materials.

Microbiological Evaluations

The TAMB count of the samples was 5.46 log cfu/g prior to the pretreatments of blanching and partial drying. The TAMB count decreased to below 2 log cfu/g after the pretreatments, and this level was maintained in all packages (C, M1, M2 and M3) during 35-day storage (data not shown).

Total yeast-mold count of samples prior to the pretreatments was 3.91 log cfu/g. The pretreatments decreased the total yeast/mold counts below 2 log cfu/g. The total yeast-mold count was maintained below 2 log cfu/g in M1, M2, and M3 packages during 35-day storage, but increased to 4.62 log cfu/g in C after 35 days (data not shown). This can be explained by exclusion of O₂ and/or presence of CO₂ in the MAP treatments (M1, M2, M3) which have an inhibitory effect on growth of the

microorganisms. Inhibitory effects of elevated CO₂ in packages of bread on TAMB and mold-yeast growth have also been reported in various studies (Patsias *et al.*, 2006; Fik *et al.*, 2012; Khoshakhlagh *et al.*, 2014).

Oxidation

Lipid oxidation in the samples was assessed by measuring the TBARS values and reported in Table 3. Initial TBARS value of samples (3.63 mg MDA/kg) increased in the control packages (C) beyond day 21 of storage ($p < 0.05$) whereas it did not change in M1, M2, M3 packages during 35-day storage (Table 3). Lipid oxidation increased with concentration of O₂ in package headspace. The MAP treatments have residual O₂ (in M1 and M3) or low levels of O₂ (5% in M2) resulting in lower TBARS values compared to the control packages (C) which have about 20% O₂ in their headspace during the storage. A significant increase in TBARS value of meat in MA packages with higher O₂ during storage have been reported in several studies (Kennedy *et al.*, 2004; Berruga *et al.* 2005; Zakrys *et al.*, 2008; Bornez *et al.*, 2009; Esmer *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2015, Mes-sina *et al.*, 2015).

Sensory Evaluations

The uncooked samples in M1, M2, and M3 samples had acceptable sensory quality which was similar to F (fresh samples) during 35-day storage (Table 4). However, the sensory quality of the uncooked samples in C dropped below the acceptable limit (score 3) on day 21 and further during storage (Table 4).

The cooked samples in M1 and M2 had acceptable sensory quality attributes on day 35 (scores were higher or close to the acceptable limit). These samples had similar sensory scores to F (Table 5). Cooked samples in M3 and C were not evaluated for their taste and texture on the 28th and the 35th day of storage because visible spots of green-white molds on the samples were detected in the packages. The sensory scores of cooked samples from M1 and M2 on the 21st day was higher than C and M3. Overall, the packaging treatments of M1 and M2 resulted in best and acceptable sensory quality for both cooked and uncooked samples during 35-day storage.

Table 1. Mean concentration of CO₂ and O₂ in the headspace of packages during storage

Packages	Gas	Storage time (day)					
		0	7	14	21	28	35
C (21%O ₂ +0% CO ₂)	CO ₂ (%)	0.65	0.50	0.48	0.45	0.50	0.58
	O ₂ (%)	20.45	20.40	20.43	20.40	20.48	20.40
M1 (70%CO ₂ +0% O ₂)	CO ₂ (%)	71.05	66.25	66.58	65.88	63.03	65.73
	O ₂ (%)	0.14	0.14	0.16	0.12	0.89	0.11
M2 (70%CO ₂ +5% O ₂)	CO ₂ (%)	71.55	67.43	68.08	66.08	68.13	66.80
	O ₂ (%)	5.53	6.39	5.87	5.97	5.24	5.14
M3 (100%N ₂)	CO ₂ (%)	0.50	0.55	0.70	0.85	1.43	1.48
	O ₂ (%)	0.77	0.67	0.71	0.50	0.44	0.37

Table 2. Change in pH value of mantı samples packed with different packaging conditions (C, M1, M2 and M3) during 35 days.

Packages*	Storage time (day)					
	0	7	14	21	28	35
C	5.87 ^{a,x}	5.97 ^{a,x}	5.95 ^{a,x}	5.89 ^{a,x}	5.85 ^{a,x}	5.92 ^{a,y}
M1	5.87 ^{c,x}	5.98 ^{b,x}	5.93 ^{bc,x}	5.93 ^{bc,x}	5.98 ^{b,x}	6.07 ^{a,xy}
M2	5.87 ^{c,x}	6.01 ^{b,x}	6.04 ^{ab,x}	6.00 ^{b,x}	5.98 ^{b,x}	6.09 ^{a,x}
M3	5.87 ^{a,x}	5.95 ^{a,x}	5.97 ^{a,x}	5.97 ^{a,x}	5.91 ^{a,x}	5.96 ^{a,xy}

* C: 21%O₂+0% CO₂; M1: 70% CO₂+0% O₂; M2: 70% CO₂+5% O₂; M3: 100% N₂,

Means with the same letter within a line (a,b,c) and column (x,y,z) are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Change in TBARS (mg MDA/kg) value of mantı samples packed with different packaging conditions (C, M1, M2 and M3) during 35 days.

Packages*	Storage time (day)					
	0	7	14	21	28	35
C	3.63 ^{a,x}	3.18 ^{a,x}	3.49 ^{a,x}	4.61 ^{b,x}	4.13 ^{b,x}	5.50 ^{b,x}
M1	3.63 ^{a,x}	2.79 ^{b,x}	3.29 ^{a,x}	3.90 ^{a,x}	3.89 ^{a,x}	4.81 ^{a,xy}
M2	3.63 ^{a,x}	2.28 ^{b,x}	3.01 ^{ab,x}	3.59 ^{a,x}	3.33 ^{a,x}	3.81 ^{a,y}
M3	3.63 ^{a,x}	3.26 ^{a,x}	3.23 ^{a,x}	3.31 ^{a,x}	3.06 ^{a,x}	4.08 ^{a,y}

* C: 21%O₂+0% CO₂; M1: 70% CO₂+0% O₂; M2: 70% CO₂+5% O₂; M3: 100% N₂,

Means with the same letter within a line (a,b,c) and column (x,y,z) are significantly different ($p < 0.05$).

Sensory Evaluations

The uncooked samples in M1, M2, and M3 samples had acceptable sensory quality which was similar to F (fresh samples) during 35-day storage (Table 4). However, the sensory quality of the uncooked samples in C dropped below the acceptable limit (score 3) on day 21 and further during storage (Table 4).

The cooked samples in M1 and M2 had acceptable sensory quality attributes on day 35 (scores were

higher or close to the acceptable limit). These samples had similar sensory scores to F (Table 5). Cooked samples in M3 and C were not evaluated for their taste and texture on the 28th and the 35th day of storage because visible spots of green-white molds on the samples were detected in the packages. The sensory scores of cooked samples from M1 and M2 on the 21st day was higher than C and M3. Overall, the packaging treatments of M1 and M2 resulted in best and acceptable sensory quality for both cooked and uncooked samples during 35-day storage.

Table 4. The effect of different packaging conditions (C, M1, M2 and M3) on sensory quality attributes of uncooked samples during 35 days. The sensory scores are: 1: unacceptable, 2: hardly acceptable, 3: acceptable, 4: good and 5: perfect.

Packages*	Quality attribute	Storage time (day)				
		7	14	21	28	35
C	Odor	4.4 ^{a,x}	4.0 ^{a,x}	3.4 ^{ab,x}	2.3 ^{b,y}	2.7 ^{b,y}
	General structure	4.1 ^{a,x}	4.4 ^{a,x}	3.7 ^{ab,x}	3.4 ^{ab,y}	2.8 ^{b,x}
	Colour	4.2 ^{a,x}	4.1 ^{a,x}	3.5 ^{ab,x}	3.0 ^{b,y}	2.8 ^{b,x}
M1	Odor	4.5 ^{a,x}	4.1 ^{ab,x}	3.8 ^{ab,x}	3.5 ^{b,y}	3.6 ^{ab,xy}
	General structure	4.1 ^{a,x}	4.3 ^{a,x}	3.7 ^{ab,x}	2.7 ^{b,y}	3.8 ^{ab,x}
	Colour	3.9 ^{a,x}	4.1 ^{a,x}	3.7 ^{a,x}	3.5 ^{a,x}	3.7 ^{a,x}
M2	Odor	4.5 ^{a,x}	4.4 ^{a,x}	3.7 ^{ab,x}	2.7 ^{c,xy}	3.0 ^{bc,xy}
	General structure	4.3 ^{a,x}	4.3 ^{a,x}	3.8 ^{a,x}	3.4 ^{a,x}	3.2 ^{a,x}
	Colour	3.8 ^{ab,x}	4.2 ^{a,x}	3.7 ^{ab,x}	3.3 ^{b,x}	3.2 ^{b,x}
M3	Odor	4.4 ^{a,x}	4.4 ^{a,x}	3.9 ^{ab,x}	2.7 ^{c,xy}	3.3 ^{bc,xy}
	General structure	4.0 ^{ab,x}	4.4 ^{a,x}	3.9 ^{ab,x}	3.2 ^{b,x}	3.1 ^{b,x}
	Colour	3.9 ^{a,x}	4.2 ^{a,x}	4.3 ^{a,x}	2.3 ^{a,x}	3.5 ^{a,x}
F	Odor	4.3 ^{a,x}	3.6 ^{a,x}	3.0 ^{a,x}	3.2 ^{a,xy}	4.0 ^{a,x}
	General structure	3.6 ^{a,x}	4.4 ^{a,x}	3.4 ^{a,x}	3.6 ^{a,x}	3.1 ^{a,x}
	Colour	4.0 ^{ab,x}	4.2 ^{a,x}	3.8 ^{ab,x}	2.3 ^{b,x}	3.5 ^{ab,x}

* C: 21%O₂+0% CO₂; M1: 70% CO₂+0% O₂; M2: 70% CO₂+5% O₂; M3: 100% N₂, F: Fresh (freshly prepared sample taken from the manufacturer at the time of evaluation, no pretreatments were applied).

Means with the same letter within a line (a,b,c) and column (x,y,z) are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. The effect of different packaging conditions (C, M1, M2 and M3) on sensory quality attributes of cooked samples during 35 days. The sensory scores are: 1: unacceptable, 2: hardly acceptable, 3: acceptable, 4: good and 5: perfect.

Pack- ages*	Quality attribute	Storage time (day)				
		7	14	21	28	35
C	Odor	4.5 ^{a,x}	4.1 ^{a,x}	3.0 ^{b,x}	1.9 ^{b,y}	2.4 ^{b,x}
	General structure	4.0 ^{a,x}	4.1 ^{a,x}	4.0 ^{a,x}	2.6 ^{a,yz}	3.0 ^{ab,x}
	Colour	3.8 ^{a,y}	4.4 ^{ab,x}	3.7 ^{ab,x}	3.2 ^{b,z}	2.9 ^{b,x}
	Texture	4.0 ^{a,x}	3.7 ^{a,x}	3.0 ^{a,x}	NA	NA
	Taste	4.0 ^{a,x}	3.5 ^{ab,x}	2.8 ^{b,x}	NA	NA
M1	Odor	4.6 ^{a,x}	4.1 ^{ab,x}	3.6 ^{b,x}	3.3 ^{b,x}	3.4 ^{b,x}
	General structure	4.5 ^{a,x}	4.0 ^{ab,x}	3.6 ^{b,x}	3.9 ^{ab,x}	3.4 ^{b,x}
	Colour	4.8 ^{a,xy}	4.3 ^{a,x}	3.2 ^{b,x}	3.3 ^{ab,x}	3.4 ^{ab,x}
	Texture	4.3 ^{a,x}	3.8 ^{ab,x}	3.2 ^{bc,x}	3.4 ^{abc,x}	2.9 ^{c,x}
	Taste	4.0 ^{a,x}	3.6 ^{a,x}	3.4 ^{a,x}	3.2 ^{a,x}	3.1 ^{a,x}
M2	Odor	4.4 ^{a,x}	3.9 ^{ab,x}	3.3 ^{bc,x}	3.2 ^{bc,x}	2.7 ^{c,x}
	General structure	4.4 ^{a,x}	3.9 ^{a,x}	3.7 ^{a,x}	3.3 ^{a,xyz}	3.5 ^{a,x}
	Colour	4.5 ^{a,xy}	3.8 ^{a,x}	3.4 ^{a,x}	3.3 ^{a,x}	3.2 ^{a,x}
	Texture	4.1 ^{a,x}	3.6 ^{ab,x}	3.0 ^{b,x}	3.2 ^{ab,x}	3.4 ^{ab,x}
	Taste	4.2 ^{a,x}	3.4 ^{ab,x}	3.2 ^{ab,x}	2.7 ^{b,x}	3.0 ^{ab,x}
M3	Odor	4.7 ^{a,x}	4.1 ^{ab,x}	3.7 ^{bc,x}	2.9 ^{c,xy}	2.9 ^{c,x}
	General structure	4.3 ^{a,x}	3.9 ^{a,x}	2.6 ^{ab,x}	2.4 ^{b,z}	3.2 ^{ab,x}
	Colour	3.8 ^{a,y}	3.9 ^{a,x}	3.7 ^{a,x}	3.1 ^{a,x}	2.9 ^{a,x}
	Texture	4.1 ^{a,x}	3.7 ^{a,x}	3.6 ^{a,x}	NA	NA
	Taste	4.1 ^{a,x}	3.5 ^{a,x}	3.8 ^{a,x}	NA	NA
F	Odor	4.8 ^{a,x}	4.1 ^{ab,x}	2.7 ^{c,x}	3.9 ^{b,x}	3.5 ^{b,x}
	General structure	4.5 ^{a,x}	3.6 ^{ab,x}	3.6 ^{b,x}	3.6 ^{ab,xy}	2.7 ^{b,x}
	Colour	4.6 ^{a,x}	4.4 ^{ab,x}	3.8 ^{ab,x}	3.8 ^{ab,x}	3.3 ^{b,x}
	Texture	4.7 ^{a,x}	3.8 ^{ab,x}	3.9 ^{ab,x}	4.0 ^{ab,x}	3.4 ^{b,x}
	Taste	4.7 ^{a,x}	3.4 ^{ab,x}	3.3 ^{b,x}	3.3 ^{b,x}	3.1 ^{b,x}

* C: 21%O₂+0% CO₂; M1: 70% CO₂+0% O₂; M2: 70% CO₂+5% O₂; M3: 100% N₂, F: Fresh (freshly prepared sample taken from the manufacturer at the time of evaluation, no pretreatments were applied).

Means with the same letter within a line (a,b,c) and column (x,y,z) are significantly different ($p < 0.05$).

NA: Not analyzed due to spots of visible mold in samples

Conclusions

The present study showed that microbiological, chemical and sensory quality of 'manti' samples packaged with M1 and M2 were significantly higher than the the samples packaged with C and M3. Total yeast/mold and TAMB counts were below 2 log cfu/g in all MA packages after 35 days. MAP (M1, M2, M3) had significant inhibitory effect on lipid oxidation compared to C. Samples in both M1 and M2 with elevated CO₂ had higher sensory qualities than packages with air (C) and N₂-packages (M3). Inclusion of 5% O₂ in packages with elevated CO₂ (M2) did not affect microbial quality, TBARS values, and the sensory qualities. Overall, MAP containing 70% CO₂ with or without 5% O₂ (M1 and M2) resulted in better quality maintenance and extended shelf-life of the refrigerated 'manti' up to 35 days.

Acknowledgements

This research was supported by Istanbul Technical University Scientific Research Projects Department (Project No: 34170).

References

- Agata, N., Ohta, M. & Yokoyama, K. (2002). AOAC. (1996). Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Aksu, M.I., Kaya, M., & Ockerman, H.W. (2005). Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastirma produced from frozen/thawed meat. *Journal of Muscle Foods*, 16, 192-206.
- Berruga, M.I., Vergara, H. & Gallego, L. (2005). Influence of packaging conditions on microbial and lipid oxidation in lamb meat. *Small Ruminant Research*, 57, 257-264.
- Bornez, R., Linares, M.B. & Vergara, H. (2009). Microbial quality and lipid oxidation of Manchega breed suckling lamb meat: effect of stunning method and modified atmosphere packaging. *Meat Science*, 83, 383-389.
- Church, J.I. & Parsons, A. L. (1995). Modified atmosphere packing technology: a review. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 67(2), 143 – 152.
- Esmer, Ö.K., Irkin, R., Degirmencioğlu, N. & Degirmencioğlu, A. (2011). The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. *Meat Science*, 88, 221-226.
- Fik, M., Surówka, K., Maciejaszek, I., Macura, M., Michalczyk, M. (2012). Quality and shelf life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. *Journal of Cereal Science*, 56, 418-424.
- Gök, V., Obuz, E. & Akkaya, L. (2008). Effect of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma-A dry cured beef product. *Meat Science*, 80, 335-344.
- ICMSF (1978). International commission for microbiological specifications for foods. Microorganisms in foods. 1: Their significance and methods of enumeration. 2nd ed. University of Toronto Press., Toronto, Canada.
- Jakobsen, M. & Bertelsen, G. (2000). Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science*, 54, 49-57
- Kennedy, C., Buckley, D.J. & Kerry, J.P. (2004). Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. *Meat Science*, 68, 649-658.
- Khoshakhlagh, K., Hamdami, N., Shahedi, M. & Le-Bail, A. (2014). Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage. *Journal of Cereal Science*, 60, 42-47
- Messina, C., M., Bono, G., Renda, G., Barbera, L., L. & Santulli, A. (2015). Effect of natural antioxidants and modified atmosphere packaging in preventing lipid oxidation and increasing the shelf-life of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 62, 271-277.
- Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I.N. & Kontominas, M.G. (2006). Shelf-life of chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: mlcrobiological, chemical, sensory attributes. *Food Microbiology*, 23, 423-429.
- Pikul, J., Leszczynski, D.E. & Kummerow, F.A. (1989). Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(5), 1309-1313

Journal abbreviation: **J Food Health Sci**

- Rasmussen, P.H. & Hansen, A. (2001). Staling of wheat bread store in modified atmosphere, *LWT-Food Science and Technology*, 34, 487-491.
- Santos, P.R., Donado-Pestana, C.M., Delgado, E.F., Tanaka, F.O. & Contreras-Castillo, C.J. (2015). Tenderness and oxidative stability of Nellore bull's steaks packaged under vacuum or modified atmosphere during storage at 2 °C. *Food Packaging and Shelf Life*, 4, 10-18.
- Shah, M.A., Bosco, S J.D. & Mir, S.A. (2015). Effect of *Moringa oleifera* leaf extract on the physicochemical properties of modified atmosphere packaged raw beef. *Food Packaging and Shelf Life*., 3, 31-38.
- Taniwaki, M.H., Hocking, A.D., Pitt, I.J. & Fleet., G.H. (2001). Growth of fungi and mycotoxin production on cheese under modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, 68, 125-133.
- Zakrys, P.I., Hogan, S.I., O'Sullivan, M.G., Allen, P. & Kerry, J.P. (2008). Effect of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. *Meat Science*, 79, 648-655.